



# **EFEITOS DE DIFERENTES CONDIÇÕES DE TRATAMENTO TÉRMICO E DE TEMPERATURA DE ARMAZENAGEM EM CONGELAÇÃO NA QUALIDADE DE POLPAS DE HORTOFRUTÍCOLAS**

**Andreia Sofia Caineta Noa**

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Alimentar – Qualidade e Segurança Alimentar**

Orientador: Doutora Elsa Margarida Nunes Leal Gonçalves

Co-orientador: Professora Doutora Margarida Gomes Moldão-Martins

## **Júri:**

Presidente: Doutor Victor Manuel Delgado Alves, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: Doutora Margarida Gomes Moldão-Martins, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutora Marta Maria Moniz Nogueira Abreu, Investigadora Auxiliar do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária;

Doutora Elsa Margarida Nunes Leal Gonçalves, Investigadora Auxiliar do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária;

Doutora Sara Maria Martins Beirão da Costa Teixeira de Barros, Professora Auxiliar Convidada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

**Lisboa, 2012**

## **Agradecimentos**

Dedico este espaço a todos aqueles que de alguma forma deram o seu contributo para a realização deste trabalho e sem os quais tudo teria sido muito mais complicado. A todos deixo expresso em palavras o meu sincero e profundo agradecimento:

Ao Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, na pessoa do Doutor Carlos Santos, pela oportunidade concedida para a realização deste trabalho e pelo apoio que manifestou durante a sua realização.

De forma muito especial, gostaria de agradecer à minha orientadora, Doutora Elsa Gonçalves, pela sua orientação, incentivo, dedicação, apoio, acompanhamento, compreensão, ajuda, força, boa disposição, sentido prático e disponibilidade, demonstrada em todas as fases do trabalho.

À Professora Doutora Margarida Moldão-Martins pela sugestão do tema, orientação, correcções, interesse e apoio durante a realização deste trabalho. Sem esquecer o acompanhamento, atenção, dedicação, conselhos, incentivos e disponibilidade demonstrados ao longo de todos os anos enquanto minha docente.

**À Engenheira Carla Alegria manifesto o meu sincero agradecimento pela sua orientação, acompanhamento, interesse, apoio, disponibilidade, incentivo, colaboração, sugestões, correcções, esclarecimentos, partilha de conhecimento, amizade, paciência, e tempo demonstrados desde o primeiro dia e fundamentais para a realização deste trabalho.**

À Tânia Figueiredo, a quem agradeço muito carinhosamente por toda a amizade, meiguice, cuidado, paciência, apoio, calma e dedicação demonstradas ao longo da realização deste trabalho e de tantos outros trabalhos e momentos vivenciados e partilhados desde o primeiro ano em que iniciámos o nosso percurso académico.

À Catarina Silva, as suas palavras amigas e certeiras, apoio, paciência, força e dedicação, sem contudo esquecer a sua capacidade de partilha e sentido crítico. Agradeço a oportunidade de poder ter estagiado ao seu lado e vivido tantos momentos cheios de boa disposição, contando sempre com o seu sorriso.

À Doutora Marta Abreu e Doutor João Almeida pela colaboração nos ensaios tecnológicos, apoio, esclarecimento de dúvidas, sugestões e disponibilidade constante.

À empresa Campotec por ter facultado a matéria-prima para a realização deste trabalho.

À Unidade de Microbiologia da UITA sobre a responsabilidade da Doutora Manuela Sol e particularmente às técnicas Maria do Carmo Paulo e Ana Maria Magalhães.

À Unidade de Química Alimentar da UITA sobre a responsabilidade da Doutora Ana Partidário, e particularmente às técnicas Maria Luísa Oliveira, Gracinda Manuel, Cristina Serrano.

A todos os participantes do painel sensorial, membros e colaboradores da UITA, pelo precioso contributo para este trabalho.

A todas as amigadas criadas no ISA, com quem partilhei ao longo de todo o percurso académico momentos de alegria, euforia, ansiedade, frustração, preocupação e angústia. Agradeço de forma especial pela sua amizade, companheirismo, ajuda e incentivo a quem fez parte deste percurso desde o início, Ana Sofia Cristas. E ainda, à Viviana Monteiro, que chegando há menos tempo, foi fundamental nesta caminhada, e com quem desde cedo criei empatia, resultando em fortes e sinceros laços de amizade, obrigado por tudo.

Aos amigos que pacientemente ouviram as minhas angústias, os meus medos e receios, incentivando-me sempre com palavras amigas e carinhosas nos bons e maus momentos. Em especial à Joana Faustino, Inês Rueff e Vera Benvindo, deixo o meu muito obrigado por todo o vosso apoio.

À minha família, Luísa Caineta e Luís Ratinho, por estarem presentes todos os dias, com palavras de incentivo, apoio e compreensão e, principalmente, por terem feito de mim tudo o que sou, caminhando sempre ao meu lado. Um obrigada muito especial e sentido por todas as demonstrações de carinho, amizade e amor, e por terem sempre acreditado em mim.

Ao Tiago, pelo seu amor, amizade, carinho, companheirismo, compreensão, incentivo, paciência e dedicação. Por ter sempre a palavra certa e reconfortante, e pelo apoio incondicional demonstrado em todos os momentos da minha vida.

A todos aqueles que não foram mencionados mas que certamente não foram esquecidos, o meu sincero obrigada pelo vosso tempo, incentivo, amizade, e carinho.

## Resumo

O presente trabalho teve como objectivo avaliar, através de cinéticas térmicas de degradação (80 °C a 98 °C em intervalos de tempo de 0.5 a 25 min), os efeitos de diferentes tratamentos térmicos nos parâmetros físico-químicos, bioquímicos, sensoriais e microbiológicos de duas polpas com pêra e ananás (P\_Amarela), e pêra, morango, beterraba e sumo de limão (P\_Vermelha). Foram estabelecidos binómios que permitissem a estabilização das polpas durante a armazenagem em congelação pela minimização das alterações de qualidade, inibição da actividade enzimática da peroxidase em cerca de 80% e redução da carga microbiana em cerca de 1 ciclo Log. Os binómios otimizados foram: 90 °C/5min (P\_Amarela) e 90 °C/4min (P\_Vermelha). As polpas com e sem pasteurização foram congeladas e armazenadas às temperaturas de -5 °C e -18 °C durante 70 dias. A congelação também contribuiu para a redução da carga microbiológica e a temperatura de -18 °C foi considerada a mais eficiente na manutenção dos parâmetros de qualidade avaliados. Estes métodos de conservação apresentaram um efeito sinérgico contribuindo para a elevada aceitabilidade sensorial.

**Palavras-chave:** polpas de hortofrutícolas, congelação, pasteurização, qualidade e armazenagem.

## **Abstract**

The present research aimed to evaluate the effects of pasteurization, through the development of degradation kinetics (80 °C to 98 °C in time intervals of 0.5 to 25 min), on the physical-chemical, biochemical, microbiological and sensory parameters of two pulps. The studied pulps were formulated by a mix of pear and pineapple (P\_Amarela) and of pear, strawberry, beetroot and lemon juice (P\_Vermelha). The thermal binomials were optimized taking into account the achieved peroxidase activity inhibition ( $\geq 80\%$ ) and microbial load reduction ( $\geq 1$  Log cycle) just after processing. The binomials that allowed pulps stabilization according to the mentioned criteria with minimal impact on the sensory quality were of 90 °C/5min and 90 °C/4min for P\_Amarela and P\_Vermelha, respectively. The effects of freezing storage (70 days, -18 °C and -5 °C) were also evaluated on pasteurized and non-pasteurized pulps. During storage, the low temperature allowed to further reduce the achieved initial microbial reduction while maintaining the peroxidase inhibition and sensory characteristics. Storage at -18 °C proved to be more efficient to the maintenance of the evaluated quality parameters of both pasteurized and non-pasteurized pulp formulations. The studied preservation methods, pasteurization and freezing, showed a synergic effect contributing to pulps high sensory acceptability.

**Key words:** fruit and vegetable pulps, freezing, pasteurization, quality and storage.

## ***Extended Abstract***

Consumers are demonstrating an increased awareness regarding the importance of a balanced, convenient and healthy diet. According to this trend, the fruit and vegetable industry is undergoing changes in order to develop novel products, such as fruit and vegetable (F&V) pulps, as a response to the challenge brought by the consumers. In this sense, the transformation of seasonable F&V (or production surplus) into added value storable products with increased shelf-life is being investigated by the industry.

Fruit and vegetable pulps are nutritionally balanced products with bioactive value that can be increased by the F&V present in the mixture. However, F&V pulp quality is rapidly loss due to enzymatic reactions and excessive microbial growth. Due to the added value attributed to these products, efforts to preserve quality are being developed through the integration of different preservation technologies toward pulp production. Also due to the demand of “chemical-free” products, this is taken as a premise to develop the preservation strategy. The strategy investigated in this study explores de use of heat (pasteurization) to reduce spoilage microflora and to enzymatic inactivation, combined with freezing to reduce quality changes during storage. Two F&V pulps were studied in this research, one with a mix of pear and pineapple (50:50, p:p; P\_Amarela) and one with a mix of pear, strawberry, beetroot and lemon juice (66:30:4:0.15, p:p:p:v; P\_Vermelha).

Pulp pasteurization was optimized by the development of degradation kinetics (80 °C to 98 °C in time intervals of 0.5 to 25 min) and evaluating the respective effects on the pulps quality. The evaluated quality parameters included the determination of peroxidase activity (POD), pH, soluble solids content (SSC), rheological parameters, total phenolic content (TPC), sensory evaluation (colour, taste and aroma) and reduction of microbial counts. Regarding the pasteurization optimization, it was concluded that heat treatments applied under the high-temperature-short-time concept were more effective to inactivate POD, to significantly reduce the initial microbial load and to maximize colour retention and TPC levels. As an example, from the degradation kinetic models, it was possible to conclude that POD followed a 1st order kinetic, where the temperature effect was well fitted to the Arrhenius equation. From these results it was possible to optimize the thermal intensities for both pulps and the selected time-temperature binomials were of 90 °C/5 min and 90 °C/4 min for the P\_Amarela and P\_Vermelha, respectively.

The effects of freezing storage were also evaluated at two temperatures, -18 °C and -5 °C, and revealed to be most important to pulps quality maintenance, especially when pulps did

not underwent pasteurization prior to freezing. From the tested temperatures, freezing storage at -18 °C showed to be more efficient to pulps quality maintenance during the entire storage period (70 days).

The investigated strategy, integration of heat treatments and freezing storage, proved to have synergistic effects while allowing to preserve pulps overall quality, namely its sensorial attributes during 70 days (-18 °C).

**Key words:** fruit and vegetable pulps, freezing, pasteurization, quality and storage.

## Índice Geral

Agradecimentos .....	ii
Resumo .....	iv
Abstract .....	v
Extended Abstract .....	vi
Índice Geral .....	viii
Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tabelas .....	xiii
Índice de Abreviaturas .....	xiv
Pesquisa Bibliográfica .....	1
1    Introdução .....	2
2    Produtos Hortofrutícolas .....	5
2.1    Caracterização Geral dos Produtos Hortofrutícolas .....	5
2.2    Componente Bioactiva .....	6
3    Polpas de Hortofrutícolas .....	10
3.1    Processamento Tecnológico de Polpas de Hortofrutícolas .....	12
3.2    Caracterização Geral das Polpas de Hortofrutícolas .....	13
3.3    Principais Vias de Alteração da Qualidade .....	14
3.3.1    Alterações Enzimáticas .....	14
3.3.2    Alterações Físico-químicas .....	15
3.3.3    Alterações Microbiológicas .....	16
3.4    Processos de Conservação .....	16
3.4.1    Pasteurização .....	17
3.4.2    Congelação .....	19
3.4.2.1    Etapas da Congelação .....	20
3.4.2.2    Armazenagem em Congelação .....	22
3.4.2.3    Factores que Influenciam a Qualidade do Produto Armazenado em Congelação .....	22
Desenvolvimento Experimental .....	24
1    Objectivos .....	25
2    Materiais e Métodos .....	25
2.1    Matéria-prima .....	25
2.2    Processamento das Polpas de Hortofrutícolas .....	25
2.3    Métodos Analíticos .....	28
2.3.1    Determinação do pH .....	28
2.3.2    Determinação do Teor de Sólidos Solúveis .....	28



2.3.3	Determinação da Actividade Enzimática da Peroxidase .....	28
2.3.4	Determinação de Compostos Fenólicos Totais.....	29
2.3.5	Determinação da Cor.....	29
2.3.6	Determinação do Índice de Escoamento e Índice de Consistência .....	31
2.3.7	Análise Sensorial.....	32
2.3.8	Determinação de Microrganismos Aeróbios a 30 °C.....	32
2.3.9	Tratamento Estatístico de Resultados .....	32
3	Estudo das Cinéticas Térmicas para Obtenção da Condição Optimizada de Pasteurização .....	34
3.1	Objectivo .....	34
3.2	Delineamento Experimental .....	34
3.3	Resultados e Discussão.....	35
3.3.1	Perfil de Temperatura .....	35
3.3.2	pH e Teor de Sólidos Solúveis.....	36
3.3.3	Actividade da Enzima Peroxidase.....	36
3.3.4	Cor .....	38
3.3.5	Análise Sensorial.....	39
3.3.6	Compostos Fenólicos Totais.....	41
3.3.7	Microrganismos Aeróbios a 30 °C.....	42
3.4	Conclusões Intercalares.....	43
4	Avaliação da Qualidade de Polpas Durante a Armazenagem em Congelação a Diferentes Condições de Temperatura.....	44
4.1	Objectivo .....	44
4.2	Delineamento Experimental .....	44
4.3	Resultados e Discussão.....	45
4.3.1	Avaliação do Efeito da Congelação na Qualidade das Polpas .....	45
4.3.2	Avaliação da Qualidade de Polpas Durante a Armazenagem em Congelação a Diferentes Condições de Temperatura .....	48
4.3.2.1	pH e Teor de Sólidos Solúveis .....	48
4.3.2.2	Actividade Enzimática da Peroxidase.....	49
4.3.2.3	Cor .....	50
4.3.2.4	Compostos Fenólicos Totais .....	53
4.3.2.5	Índice de Escoamento e Índice de Consistência .....	54
4.3.2.6	Análise Sensorial .....	56
4.3.2.7	Microrganismos Aeróbios a 30 °C .....	58
4.4	Conclusões Intercalares.....	60

Conclusões Gerais .....	62
Referências Bibliográficas .....	65
Anexos .....	I
Anexo A Folha de Prova e Tabelas Referentes ao Estudo das Cinéticas Térmicas .....	II
Anexo B Folha de Prova para a Polpa Amarela e Vermelha Utilizada nos Ensaios de Armazenagem. Tabelas Referentes Ao Estudo De Avaliação Da Qualidade Da Polpa Amarela Durante A Armazenagem Em Congelação A Diferentes Temperaturas.....	XIII
Anexo C Tabelas Referentes a Estudo de Avaliação da Qualidade para a Polpa Vermelha Durante a Armazenagem em Congelação a Diferentes Temperaturas.....	XVIII

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b>	Diagrama geral de processamento de polpas de hortofrutícolas congeladas. ....	12
<b>Figura 2</b>	Layout exemplificativo de uma possível unidade fabril para a produção de polpas congeladas.....	13
<b>Figura 3</b>	Exemplos de pasteurizadores utilizados industrialmente no tratamento térmico de polpas. A - pasteurizador tubular, B – Pasteurizador por imersão em água...	19
<b>Figura 4</b>	Curva característica da remoção de calor nos alimentos em função do tempo, durante o processo de congelação.....	22
<b>Figura 5</b>	Diagrama geral de fabrico de polpas de hortofrutícolas congeladas.....	27
<b>Figura 6</b>	Tonalidade de cor correspondente ao angulo °h (0 – 360°).....	31
<b>Figura 7</b>	Perfil de temperaturas a 80 °C e 85 °C no centro térmico das polpas amarela (A) e vermelha (B).....	35
<b>Figura 8</b>	Redução percentual da actividade da enzima POD para a polpa amarela (A) e para a polpa vermelha (B). ....	37
<b>Figura 9</b>	Gráficos representativos das alterações dos parâmetros de cor °h (A) e TCD (B) para a polpa amarela para as diferentes cinéticas térmicas. ....	38
<b>Figura 10</b>	Gráficos representativos dos valores do modelo para a análise sensorial da polpa amarela, nos parâmetros cor (A), sabor (B) e aroma (C). ....	40
<b>Figura 11</b>	Conteúdo fenólico total de amostras de P_Amarela e P_Vermelha submetidas a diferentes binómios tempo/temperatura .....	41
<b>Figura 12</b>	Gráficos representativos dos valores médios $\pm$ DP das contagens microbiológicas obtidas em algumas condições térmicas para a polpa amarela (A) e para a polpa vermelha (B) .....	42
<b>Figura 13</b>	Gráfico representativo dos valores médios e desvios-padrão para os parâmetros pH e TSS para a polpa amarela (A e B) e para a polpa vermelha (C e D), respectivamente. Durante o período de armazenagem (70 dias). ....	48
<b>Figura 14</b>	Gráfico representativo dos valores médios e desvios-padrão para a actividade enzimática da POD para a polpa amarela em A e para a polpa vermelha em B. Durante o período de armazenagem (70 dias). ....	49

<b>Figura 15</b>	Gráfico representativo dos valores médios e desvios-padrão para os parâmetros de cor $L^*$ , $C^*$ , $a^*$ e TCD em A, B, C e D, respectivamente para a polpa amarela. Durante o período de armazenagem (70 dias). ....	51
<b>Figura 16</b>	Gráfico representativo dos valores médios e desvios-padrão para os parâmetros de cor $L^*$ , $C^*$ , $a^*$ e TCD em A, B, C e D, respectivamente para a polpa vermelha. Durante o período de armazenagem (70 dias). ....	52
<b>Figura 17</b>	Gráfico representativo dos valores médios e desvios-padrão para o conteúdo fenólico total das polpas amarela e vermelha, em A e B respectivamente. Durante o período de armazenagem (70 dias). ....	54
<b>Figura 18</b>	Gráfico representativo dos valores médios e desvios-padrão para o índice de consistência (k) das polpas amarela e vermelha, em A e B respectivamente. Durante o período de armazenagem (70 dias). ....	55
<b>Figura 19</b>	Gráfico representativo dos valores médios e desvios-padrão para os atributos sensoriais cor (A), sabor (B) e aroma (C) para a polpa amarela, durante o período de armazenagem (70 dias). ....	56
<b>Figura 20</b>	Gráfico representativo dos valores médios e desvios-padrão para os atributos sensoriais cor (A), sabor (B) e aroma (C) para a polpa vermelha, durante o período de armazenagem (70 dias). ....	57
<b>Figura 21</b>	Gráficos representativos dos valores médios e desvios-padrão das contagens de microrganismos a 30 °C, nos dias 1, 28 e 70 da armazenagem das polpas amarela (A) e vermelha (B). ....	59

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1</b>	Compostos bioactivos característicos dos hortofrutícolas em estudo. ....	7
<b>Tabela 2</b>	Exemplos bibliográficos de binómios tempo/temperatura utilizados na pasteurização de polpas de frutos. ....	18
<b>Tabela 3</b>	Análise centesimal de duas polpas de hortofrutícolas (polpa amarela e polpa vermelha). ....	28
<b>Tabela 4</b>	Classificação do grau de diferenças pelo valor de TCD. ....	31
<b>Tabela 5</b>	Binómios tempo/temperatura avaliados para as cinéticas térmicas. ....	35
<b>Tabela 6</b>	Parâmetros cinéticos e respectivos intervalos de confiança a 95 % dos parâmetros de qualidade obtidos na sequência dos tratamentos térmicos/pasteurização das polpas amarelas e vermelhas. ....	37
<b>Tabela 7</b>	Diferentes condições de tempo/temperatura e respectivos efeitos na actividade enzimática da POD e na qualidade sensorial da polpa amarela. ....	41
<b>Tabela 8</b>	Identificação e descrição das amostras constituídas para os ensaios de armazenagem. ....	45
<b>Tabela 9</b>	Valores médios ( $\pm$ DP) dos parâmetros de qualidade avaliados após processamento (dia 0) das polpas amarelas. ....	46
<b>Tabela 10</b>	Valores médios ( $\pm$ DP) dos parâmetros de qualidade avaliados após processamento (dia 0) das polpas vermelhas. ....	47
<b>Tabela 11</b>	Influência da temperatura e tempo de armazenagem em congelação em <i>Pseudomonas fluorescens</i> . ....	60

## ***Índice de Abreviaturas***

<b>Ác.</b>	Ácido
<b>Ad.</b>	Adaptado de.
<b>a<sub>w</sub></b>	Actividade da água
<b>cf.</b>	Conforme
<b>CFT</b>	Conteúdo fenólico total
<b>DP</b>	Desvio padrão
<b>Eq.</b>	Equação
<b>FAO</b>	Food and Agricultural Organization
<b>HF</b>	Hortofrutícolas
<b>HR</b>	Humidade relativa
<b>Id._Amostras</b>	Identificação de amostras
<b>INIAV</b>	Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária
<b>k</b>	Índice de consistência
<b>Micro 30 °C</b>	Microrganismos aeróbios a 30 °C
<b>NMP</b>	Número mais provável
<b>NP</b>	Não pasteurizado
<b>P</b>	Pasteurizado
<b>P_Amarela</b>	Polpa amarela
<b>P_Vermelha</b>	Polpa vermelha
<b>PG</b>	Enzima poligalacturonase (PG, EC 3.2.1.15)
<b>PME</b>	Enzima pectina metilesterase (PME, EC 3.1.1.11)
<b>POD</b>	Enzima peroxidase (POD, EC 1.11.1.7)
<b>PPO</b>	Enzima polifenoloxidase (PPO, EC 1.10.3.1)
<b>rpm</b>	Rotações por minuto
<b>TCD</b>	Diferença total de cor ( <i>total colour difference</i> )
<b>TSS</b>	Teor em sólidos solúveis
<b>TT</b>	Tratamentos térmicos
<b>UFC</b>	Unidades formadoras de colónias
<b>UITA</b>	Unidade de Investigação e Tecnologia Alimentar

# Pesquisa Bibliográfica

---

- 1 Introdução
- 2 Produtos Hortofrutícolas
- 3 Polpas de Hortofrutícolas

## 1 INTRODUÇÃO

As polpas de frutos são produtos obtidos a partir da parte comestível de frutos inteiros, descascados e sem sementes (quando aplicável), por processos tecnológicos adequados (como a trituração), podendo posteriormente ser conservadas sob diversas formas (Ramos *et al.*, 2007). As polpas de frutos podem ser consumidas *in natura* ou ser utilizadas, por exemplo, na preparação de bebidas como néctares, sumos ou batidos, ou ainda na confecção de geleias, gelados ou sobremesas.

A procura deste tipo de produtos tem vindo a aumentar no mercado em que se inserem. Os consumidores, cada vez mais consciencializados da importância da prática de uma dieta equilibrada, tendem a ser mais exigentes na procura de alimentos saudáveis e convenientes (Pereira e Rousseau, 2002). Este comportamento passa por optar por alimentos com carácter prático, que sejam nutricionalmente equilibrados, frescos e “naturais” (sem uso de aditivos), com uma componente bioactiva elevada, aliados a uma boa qualidade sensorial (cor sabor e aroma apelativos).

Aproveitando as novas oportunidades de mercado e tentando resolver também alguns dos problemas ligados à indústria dos hortofrutícolas (HF), foram desenvolvidos novos produtos que respondem às mudanças dos hábitos de consumo a que se assiste. Desta forma, o processamento de frutos e vegetais tem sido utilizado como uma ferramenta de aproveitamento das potencialidades do sector, permitindo transformar produtos perecíveis e sazonais, assim como possíveis excedentes, em produtos armazenáveis, de valor acrescentado e disponíveis no mercado o ano todo (Souza, 2008). Assim, evitam-se os desperdícios, minimizam-se as perdas e possibilita-se aos produtores uma alternativa ao padrão de comercialização e utilização dos HF.

As polpas de hortofrutícolas surgem como uma resposta ao sector e ao consumidor e reforçam o carácter inovador destes produtos, na medida em que aliam as potencialidades nutricionais e bioactivas de diferentes HF. Em simultâneo, estes produtos procuram adicionar variedade de sabores ao mercado português, até então limitado a polpas de frutos tropicais, e ainda aumentar a disponibilidade deste tipo de produtos na distribuição. Uma das vantagens apresentadas pelas polpas é possuírem um período de vida útil superior aos dos HF *in natura* que lhes deram origem e compatível com a cadeia de distribuição.

Por forma a prevenir a degradação das polpas *in natura*, são aplicadas, durante o processamento tecnológico, algumas metodologias de conservação. Apesar de ser prática



comum a utilização de aditivos químicos, o consumidor actual procura “produtos naturais”. Assim, as metodologias de conservação e processamento utilizadas evoluem no sentido de eliminar e/ou reduzir a utilização destes compostos.

As tecnologias de processamento que podem então ser utilizadas para diminuir o ritmo de alterações indesejáveis, sem contudo apresentarem implicações significativas nos atributos de qualidade inerentes ao produto são, por exemplo, os tratamentos térmicos, como a pasteurização, e a utilização de temperaturas baixas, como a congelação.

A pasteurização tem como objectivo, eliminar e/ou reduzir o desenvolvimento microbiano e inactivar enzimas, através da aplicação de calor no alimento. Este tratamento térmico utiliza, geralmente, temperaturas inferiores a 100 °C e provoca alterações mínimas ao nível do valor nutricional e das características sensoriais dos alimentos. Através de tratamentos de pasteurização e de acordo com a sua intensidade, é possível prolongar o período de vida útil dos alimentos em dias ou mesmo meses.

A congelação das polpas de frutos permite conservar e preservar as características organolépticas e nutricionais das polpas, mantendo-as com qualidade próxima à obtida após processamento. As temperaturas baixas induzem a redução da velocidade das reacções químicas e enzimáticas e consequente minimização dos processos de degradação do produto. Contudo, durante a armazenagem em congelação algumas reacções de deterioração continuam a ter lugar, embora de forma mais lenta. Assim, e apesar da baixa actividade da água ( $a_w$ ), existe sempre água residual que não fica congelada e enzimas que não ficam inactivadas. Em produtos como polpas de hortofrutícolas, este factor reveste-se de elevada importância uma vez tratar-se de produtos cujas estruturas celulares se encontram destruídas e logo com os substratos mais disponíveis (Lima, 2010).

A utilização combinada das metodologias de pasteurização e congelação em polpas, apresenta potencial de aplicação pela efectividade no controlo das reacções degradativas. Desta forma, permitem armazenar estes produtos durante longos períodos de tempo e consequentemente aumentar a sua disponibilidade comercial.

O presente trabalho teve como objectivos avaliar, através de cinéticas térmicas de degradação, os efeitos de diferentes tratamentos térmicos (80 °C a 98 °C em intervalos de tempo que variam entre 0.5 e 25 min), nos parâmetros físico-químicos, bioquímicos, sensoriais e microbiológicos de duas polpas de hortofrutícolas. A partir das cinéticas térmicas, pretendeu-se estabelecer condições optimizadas de pasteurização que não só permitissem a estabilização dos parâmetros de qualidade acima referidos, durante a

armazenagem em congelação, como também possibilitassem a minimização das perdas de qualidade nas duas formulações de polpas, relativamente às polpas *in natura* que lhes deram origem.

Objectivou-se ainda, avaliar o efeito da temperatura de congelação (-5 °C e -18 °C) na estabilidade dos mesmos parâmetros de qualidade, em polpas pasteurizadas e não pasteurizadas, assim como na sua aceitabilidade sensorial, num período de 70 dias de armazenagem.

As actividades experimentais foram desenvolvidas no âmbito do projecto QREN/CONVIT09: Polpas de frutos e hortícolas de elevada bio-actividade e conveniência (INRB – Pólo do Lumiar).

## **2 PRODUTOS HORTOFRUTÍCOLAS**

Os produtos hortofrutícolas surgem naturalmente associados à prática de uma alimentação saudável, uma vez que são uma importante fonte de diversos nutrientes e de compostos bioactivos, tendo no entanto baixo valor calórico. O consumidor actual, cada vez mais preocupado com a sua saúde, tende a alterar as suas opções alimentares, preferindo incluir este tipo de alimentos na sua dieta.

### **2.1 Caracterização Geral dos Produtos Hortofrutícolas**

De acordo com Moldão-Martins e Empis (2000), entende-se por produtos hortofrutícolas, um conjunto de estruturas vegetais frescas, passíveis de serem utilizadas como alimentos. As estruturas vegetais que fazem parte dos HF, apresentam uma grande heterogeneidade e podem ser divididas em dois grupos. Os hortícolas, onde se encontram as raízes, caules e folhas, inflorescências, rebentos tubérculos ou bolbos, devendo na sua maioria ser consumidos cozinhados, e os frutos com e sem sementes, que são na sua grande maioria consumidos em cru (Moldão-Martins e Empis, 2000; Pinheiro, 2003). Por norma são produtos sazonais, encontrando-se na maioria das vezes disponíveis apenas em certas alturas do ano.

Os HF caracterizam-se por serem tecidos vivos que continuam metabolicamente activos no período pós-colheita, o que os torna extremamente perecíveis. Desta forma encontram-se sujeitos a alterações contínuas que são, maioritariamente, indesejáveis por apresentarem uma elevada influência na qualidade do produto. O facto dos HF colhidos já não possuírem capacidade de repor as suas reservas nutricionais e de água, pode implicar a maturação e senescência aceleradas do produto, podendo resultar na sua perda (Pinheiro, 2003; Almeida, 2005).

Os principais factores fisiológicos de degradação dos HF são a respiração, a transpiração e a acção do etileno. A taxa de respiração encontra-se relacionada com a degradação dos HF por consumo das reservas dos nutrientes e libertação de calor. Quanto mais elevadas forem as taxas respiratórias dos HF, mais aceleradas serão as taxas de degradação dos mesmos. A transpiração diz respeito à perda de água pelos tecidos que implica perda de massa, de estrutura e de textura. O etileno ( $C_2H_2$ ) é uma hormona natural que promove o amadurecimento, principalmente em HF climatéricos. A taxa de produção de etileno aumenta com o estado de maturação dos produtos, danos físicos, doenças e temperatura do meio envolvente (Pinto e Morais, 2000).

Contudo, é possível reduzir a velocidade das taxas degradativas provocadas pelos factores biológicos. Para tal, procura-se controlar factores ambientais como a temperatura (que deve ser baixa), a humidade relativa (que deve ser elevada para evitar evaporações), e a composição da atmosfera envolvente ao produto (ex.: teores elevados de CO<sub>2</sub> e baixos de O<sub>2</sub> podem diminuir a respiração) (Pinto e Morais, 2000; Silva e Morais, 2000).

Sendo estruturas vegetais naturalmente diferentes entre si, os hortofrutícolas apresentam também grandes diferenças em termos de composição química, sendo fortemente influenciados por factores como a variedade, grau de maturação, técnicas de cultivo e data de colheita. Contudo, são normalmente caracterizados por serem maioritariamente constituídos por água (80-90% em frutos e 90 a 96% em hortícolas), serem uma importante fonte energética e mineral e ainda apresentarem na sua grande maioria elevados teores de vitaminas e de fibras (Moldão-Martins e Empis, 2000). Apesar de presentes em diferentes proporções, verifica-se que os HF apresentam elevados teores de glúcidos. No caso dos hortícolas são maioritariamente glúcidos complexos, isto é, macromoléculas estruturais (celulose, pectina e hemicelulose) e de reserva energética como o amido. No caso dos frutos são maioritariamente glúcidos simples, sendo os principais a sacarose, a glucose e a frutose.

Relativamente à constituição vitamínica, destaca-se o facto de os HF serem ricos em vitaminas hidrossolúveis, como as vitaminas do complexo B (ex.: o ácido fólico e o ácido nicotínico, vitaminas B<sub>9</sub> B<sub>3</sub> respectivamente) e a vitamina C (ácido ascórbico). Sendo ainda uma importante fonte de precursores de vitamina A como o β-caroteno. Apesar de nos HF a componente mineral apresentar teores muito baixos, estes não deixam de ser uma fonte importante de alguns minerais como: K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Al, P e Cl.

## **2.2 Componente Bioactiva**

Parte integrante de uma alimentação saudável, os hortofrutícolas quando consumidos em proporções adequadas e em conjugação com um estilo de vida saudável, influenciam positivamente a saúde humana. Segundo o Relatório Mundial de Saúde (2002), o baixo consumo destes produtos tem sido apontado, em conjunto com a alteração dos estilos de vida, como um dos factores responsáveis pelo aumento de determinadas patologias como a obesidade, diabetes e outras doenças, particularmente as do foro cardiovascular (*The World Health Report*, 2002). Estas evidências não são indiferentes aos consumidores que procuram equilibrar os seus hábitos alimentares com o consumo destes produtos,

conscientes de que lhes fornecem nutrientes fundamentais ao bom funcionamento do organismo (Cozzolino e Angelis, 2004).

Por natureza, os hortofrutícolas para além dos nutrientes básicos, possuem ainda na sua constituição níveis significativos de antioxidantes, mais propriamente, compostos bioactivos (biologicamente activos) que desempenham um papel importante na manutenção da saúde, prevenindo danos provocados por espécies reactivas de oxigénio (Hassimotto *et al.*, 2009). A este tipo de alimento chama-se alimento funcional por possuir a capacidade de potenciar as defesas do organismo, prevenindo e/ou tratando determinadas doenças, mais especificamente, reduzindo o risco de desenvolvimento de situações crónicas como doenças coronárias, cardiopatias e determinadas formas de cancro (Tokuşoğlu, 2011; Simões, 2010). Alguns dos compostos bioactivos com mais expressão ao nível dos produtos hortofrutícolas são os compostos fenólicos, carotenóides, ácido ascórbico e fibras, apresentando-se na tabela 1 os compostos maioritários dos hortofrutícolas em estudo.

**Tabela 1** Compostos bioactivos característicos dos hortofrutícolas em estudo.

Hortofrutícola	Compostos Bioactivos	Fonte
Pêra	Flavonóides (catequinas)	Abreu <i>et al.</i> , 2011
	Ác. fenólicos (ác. clorogénico)	
	Ác. ascórbico	
	Fibras	
Ananás	Flavonóides (catequinas)	Silva <i>et al.</i> , 2001
	Ác. ascórbico	Melo <i>et al.</i> , 2008
	Carotenos ( $\beta$ -caroteno)	
	Fibras	
Morango	Flavonóides (catequinas, quercetinas glicolisadas)	Alothman <i>et al.</i> , 2009; Rocha, 2011
	Antocianinas (dímeros de procianidina, cianidina-3-glicosídeo, glicosídeos de pelargonidina, elagitanina)	Kjersti, <i>et al.</i> , 2012
	Ác. fenólicos (ác. elágico, conjugados de ác. ferrúlico)	
	Ác. ascórbico	Alothman <i>et al.</i> , 2009
Beterraba	Betalainas (betacianina, betaxantina)	Vitti <i>et al.</i> , 2003; Volp <i>et al.</i> , 2009
	Antocianinas (betagarin, betavulgarin)	Tomás-Barberán e Espín, 2001
	Flavonóides (conjugados de isorhametina)	
	Carotenos ( $\beta$ -caroteno)	Kujala <i>et al.</i> , 2002
	Ác. fenólicos (conjugados de ác. ferrúlico)	Kujala <i>et al.</i> , 2002
	Ác. ascórbico	Kujala <i>et al.</i> , 2002
	Fibras	
Limão	Flavonóides (eriodictiol, hesperidina, derivados de quercetina, naringenina, naringina, rutina)	Molina <i>et al.</i> , 2010; Denny e Buttriss, 2007
	Ác. fenólicos (conjugados de ác. ferrúlico, ác. clorogénico, ác. p-coumárico)	Han <i>et al.</i> , 2007
	Carotenos ( $\beta$ -criptoxantina, $\beta$ -caroteno)	
	Ác. ascórbico	Molina <i>et al.</i> , 2010
	Fibras	

Os compostos fenólicos, amplamente distribuídos nos hortofrutícolas, são produtos secundários do metabolismo vegetal com propriedades antioxidantes e capacidade de retardar a velocidade das reacções de oxidação (inibição de radicais livres, complexação de metais) (Zardo, 2007). O teor destes fitoquímicos é característico de cada HF e pode ser influenciado por factores como a variedade, estado de maturação, genética e condições edáfo-climáticas (Melo *et al.*, 2008).

Estes compostos podem ser classificados de acordo com a sua natureza química e, dada a sua forma molecular, divididos em compostos simples como os ácidos fenólicos (ácido benzóico, cinâmico e seus derivados) ou compostos mais complexos, de elevado peso molecular, como os flavonóides (ex. flavonóis, flavan-3-ols, flavan-3,5-diols, flavonas e antocianinas e derivados), taninos e tocoferóis (Soares, 2002; Jorge e Ângelo, 2006). Em comum, todos estes compostos possuem um anel aromático ligado a um ou mais grupos hidroxilo (-OH).

Os compostos fenólicos encontram-se também associados à qualidade sensorial (cor, sabor e aroma) dos HF. A bioactividade destes compostos relaciona-se com a sua capacidade em prevenir reacções oxidativas conducentes à perda de qualidade dos HF que, em resultado, podem inclusivamente comprometer a sua biodisponibilidade (Jacques *et al.*, 2010).

Os carotenóides são pigmentos naturais presentes em diversos HF como por exemplo cenoura, abóbora e beterraba. Estes compostos, para além contribuírem para as suas cores, apresentam também propriedades ao nível da capacidade antioxidante, com impacto biológico significativo, principalmente ao nível da actividade anticancerígena (pele, pulmão e próstata) e prevenção de patologias cardiovasculares (Stahl e Sies, 2005).

Os carotenóides mais comumente distribuídos pelos HF são os carotenos:  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno e o licopeno. Por oxidação destes, formam-se xantofilas, como a luteína, zeaxantina,  $\beta$ -criptoxantina e capsantina (Campos, 2005).

O organismo humano é incapaz de sintetizar carotenóides pelo que, alimentos ricos nestes compostos, devem fazer parte da dieta humana. Os carotenos  $\alpha$ -, e  $\beta$ -caroteno destacam-se como precursores de vitamina A (pró-vitamina A). O  $\beta$ -caroteno pode ser totalmente convertido em vitamina A, sendo que a taxa de conversão do  $\alpha$ -caroteno se encontra entre os 50 e 53% (Simões, 2010).

O ácido ascórbico (vitamina C) é um reconhecido antioxidante natural, com elevada capacidade de transformação dos radicais livres em compostos inertes, encontrando-se

amplamente distribuído na natureza (Fernandes, 2009). O ácido ascórbico pode ser sintetizado quimicamente e utilizado como um aditivo alimentar pela sua acção anti-oxidante e anti-escurecimento. Este antioxidante, em contraposição aos compostos fenólicos, apresenta uma elevada biodisponibilidade, resultado da sua solubilidade em água, e ainda um eficaz mecanismo de inibição de radicais livres ( $O_2$ , OH, radicais peróxido e singletos de oxigénio) (Halliwell, 1996). Acresce ainda que o ácido ascórbico protege biomembranas e lipoproteínas de baixa densidade contra danos peroxidativos (Fernandes, 2009), com efeitos positivos na inibição/prevenção de doenças cardiovasculares e alguns tipos de cancro. (Diplock, 1994).

### 3 POLPAS DE HORTOFRUTÍCOLAS

Dados da Food and Agriculture Organization (FAO) indicam que a comercialização mundial de produtos derivados de frutos aumentou mais de cinco vezes nos últimos anos (Evangelista, 1994; Brunni *et al.*, 2002), sendo possível associar esta procura à tendência actual do consumidor de, cada vez mais consciencializado e exigente, procurar praticar uma dieta equilibrada.

O processamento de polpas contribui de forma significativa para este aumento, pois possibilita a oferta de produtos saudáveis, práticos, diversificados e armazenáveis. Desta forma é esperada uma tendência mundial de aumento da comercialização deste tipo produtos, a um ritmo de crescimento idêntico ao do mercado de sumos de fruta (Kortbech-Olesen, 1997). O crescente interesse industrial em polpas prende-se com o facto de poderem ser produzidas com recurso à utilização de hortofrutícolas de pequeno calibre e excedentes de produção, acrescentando-lhes valor. Por outro lado, permite prevenir desperdícios e/ou perdas assim como o aproveitar das frutas da época, evitando problemas ligados à sazonalidade dos HF. Desta forma, a produção de polpas consiste numa alternativa de reconhecida importância alimentar e económica. Proporciona a conservação e a manutenção da qualidade dos HF, assegurando a disponibilidade destes produtos no mercado nos períodos de baixa produção, através de polpas com características nutricionais e organolépticas de alto nível. Quando no processamento de polpas são utilizadas técnicas e procedimentos adequados, estes produtos podem ser mantidos sob armazenagem por longos períodos de tempo, representando uma vantagem na cadeia de distribuição.

Em Portugal, o mercado das polpas encontra-se ainda em desenvolvimento, uma vez que só agora começa a ganhar terreno na distribuição e junto dos consumidores. Desta forma ainda não é possível encontrar uma definição de polpas de hortofrutícolas estabelecida, pelo que se adopta as definições de polpa de fruta.

Segundo a legislação Portuguesa, polpa de fruta é “...a parte comestível de frutos inteiros, eventualmente descascados ou sem sementes, podendo apresentar-se cortada em rodela ou esmagada, mas não reduzida a polme” (Decreto de Lei 230/2003 de 27 de Setembro).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutos. Pelo que, estimulado a desenvolver processos tecnológicos que lhe permitissem diminuir as perdas de produção, tornou-se um dos principais produtores de polpas de frutos a nível mundial (Santos, 2005; Bueno, *et al.*, 2002). Em 1978, polpa de fruta foi definida como sendo “o produto obtido por esmagamento



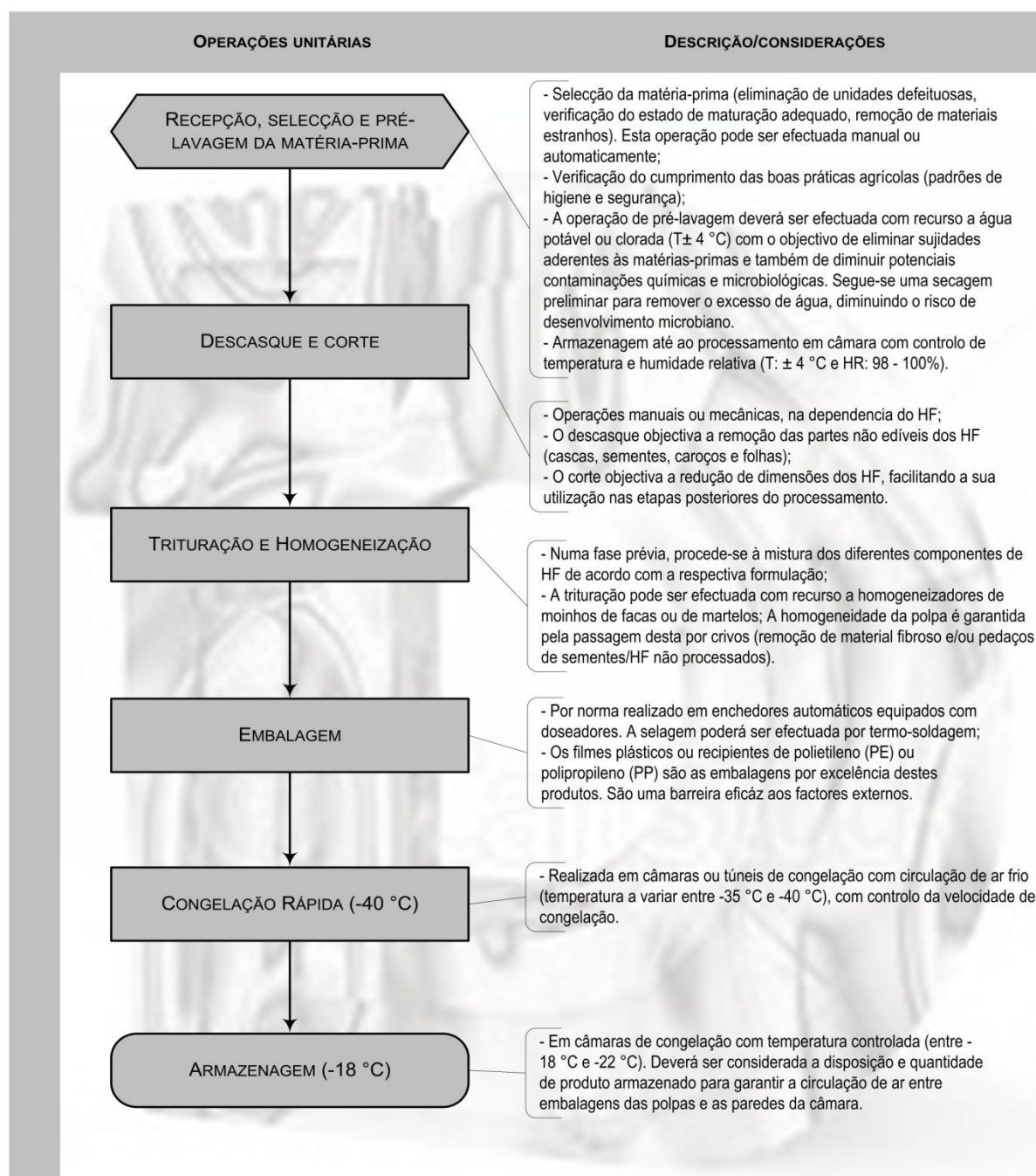
das partes comestíveis de frutas carnosas por processos tecnológicos adequados.” (Resolução – CNNPA nº12, de 1978).

Contudo, e devido à elevada importância que a indústria das polpas apresenta naquele país, a definição foi revista e segundo a legislação brasileira actual polpa de fruta é “...o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtido de frutos polposos, através de processo tecnológico adequado, com um teor mínimo de sólidos totais, proveniente da parte comestível do fruto.” (Instrução Normativa nº1 de 7 de Janeiro de 2000).

Das definições anteriores é possível extrapolar uma para polpas de hortofrutícolas, podendo ser definidas como: *produtos obtidos a partir da parte comestível de hortofrutícolas inteiros, descascados e sem sementes (quando aplicável), por processos tecnológicos adequados como a trituração, podendo posteriormente ser conservadas sob refrigeração ou congelação.* Nas polpas de hortofrutícolas procura-se reforçar o carácter sensorial, nutricional e bioactivo das tradicionais polpas de frutos e dos frutos que lhes deram origem, potenciando as características individuais de cada um.

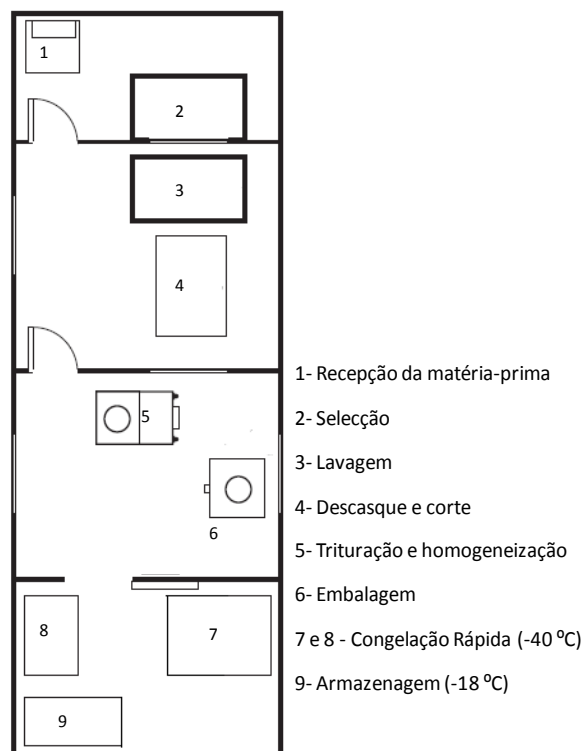
### 3.1 Processamento Tecnológico de Polpas de Hortofrutícolas

O processamento tecnológico de polpas de hortofrutícolas incluiu uma série de etapas que, quando cumpridas de forma adequada, tendem a garantir um produto seguro e de qualidade. Na figura 1 apresenta-se o diagrama tecnológico geral de processamento de polpas de hortofrutícolas bem como os objectivos e considerações genéricas sobre cada operação unitária.



**Figura 1** Diagrama geral de processamento de polpas de hortofrutícolas congeladas.

Para exemplificar a implementação deste diagrama geral de processamento, apresenta-se na figura 2 um possível *layout* de uma unidade fabril para a produção de polpas congeladas.



**Figura 2** *Layout* exemplificativo de uma possível unidade fabril para a produção de polpas congeladas. Adaptado de Matta *et al.* (2005).

### 3.2 Caracterização Geral das Polpas de Hortofrutícolas

As polpas de hortofrutícolas, caracterizadas por serem alimentos nutricionalmente equilibrados, com uma componente bioactiva elevada, são resultado da qualidade dos HF que lhes deram origem. Este factor é determinante na qualidade destas, quer ao nível da composição nutricional, quer ao nível das características finais do produto (qualidade física, química, sensorial e microbiológica).

O estado de maturação dos HF utilizados, teor de sólidos solúveis e acidez, assim como condições sanitárias no momento da colheita e cuidados pós-colheita no transporte e/ou armazenagem dos HF em fresco, são factores determinantes na qualidade nutricional final da polpa.

Como em qualquer alimento, os atributos sensoriais apresentam uma elevada relevância na caracterização das polpas. A cor, o sabor e o aroma, são também resultado da conjugação dos HF utilizados como matéria-prima. Contudo, antes de provar ou mesmo sentir o aroma

das polpas, a primeira impressão sensorial do consumidor diz respeito ao atributo cor, pelo que este é um dos principais parâmetros de qualidade a ter em conta. Com o processamento, ocorre perda de pigmentos naturais (ex. carotenóides responsáveis maioritariamente pela cor vermelha, laranja e amarela), destruídos muitas vezes pelo tratamento térmico, armazenagem ou ainda pela alteração de pH ou oxidação destes compostos. Desta forma, a cor característica da polpa pode ser alterada afectando, eventualmente, o seu valor comercial (Fernandes, 2009).

Relativamente aos padrões microbiológicos, apesar de não existirem limites legais em Portugal para estes produtos, são adoptados os limites estipulados no Brasil (Instrução Normativa nº1 de 7 de Janeiro de 2000). Para polpas *in natura* ou congeladas, os limites para contagem de bolores e leveduras são de  $5 \times 10^3$  UFC.g<sup>-1</sup> e para polpas tratadas termicamente de  $2 \times 10^3$  UFC.g<sup>-1</sup>. A contagem de coliformes fecais a 45 °C não deve exceder 1.0 NMP.g<sup>-1</sup> e a *Salmonella* deve estar ausente em 25g de polpa.

### **3.3 Principais Vias de Alteração da Qualidade**

Inerente a qualquer produto alimentar, estão associados factores de alteração cujo efeito pode comprometer a respectiva qualidade. A extensão das alterações é também dependente das características intrínsecas do alimento, dos danos sofridos e do tipo de processamento alimentar. A degradação da qualidade sensorial (alteração da cor, sabor, aroma e textura característica) e nutricional resulta por norma de reacções enzimáticas, de modificações físico-químicas e do desenvolvimento microbiológico (Dias, 2011).

No caso particular de polpas de hortofrutícolas, dado o tipo de processamento a que são sujeitas (trituração), verifica-se a completa destruição da estrutura celular, promovendo o contacto entre enzimas e respectivos substratos. Acresce ainda que, dada a maior disponibilização de substratos, o desenvolvimento microbiológico é também favorecido. Assim, de acordo com as características das polpas, verificam-se que as principais vias de deterioração são as com origem enzimática, físico-química e microbiológica.

#### **3.3.1 Alterações Enzimáticas**

As alterações catalisadas por enzimas que ocorrem num alimento podem ser desejáveis, contudo, na maioria das vezes, dizem respeito a degradações indesejáveis (Zanatta *et al.*, 2006), correlacionadas com alterações de cor, desenvolvimento de maus odores e

degradação de textura e consistência (Alegria, 2007), quer em produtos HF *in natura* quer em produtos processados (polpas de hortofrutícolas). As enzimas que participam nestas reacções são também aquelas que se encontram naturalmente presentes nos HF que deram origem à polpa.

A aparência de um produto é uma das primeiras percepções sensoriais, pelo que as alterações de cor nas polpas são bastante importantes. Uma das principais problemáticas relacionadas é o escurecimento enzimático, atribuído à acção das enzimas oxirredutases (que catalisam reacções de oxidação-redução), donde se destacam a polifenoloxidase (PPO, EC 1.10.3.1) e a peroxidase (POD, EC 1.11.1.7). A PPO participa nas reacções de oxidação dos compostos fenólicos a *o*-quinonas, que posteriormente podem ser polimerizadas em compostos de cor escura (pigmentos castanhos, vermelhos ou pretos) (Alegria, 2007; Dias, 2011). Por outro lado a POD, responsável pelo desenvolvimento de maus aromas na polpa, participa em reacções de oxidação de ácidos gordos insaturados que resulta em fenómenos de rancificação com libertação de compostos voláteis (Alegria, 2007). Pela sua termorresistência, esta enzima é ainda utilizada como índice da efectividade de tratamentos térmicos aplicados a polpas (ou outros alimentos). Assim a inibição térmica da actividade enzimática da POD, corresponde à perda de actividade de outras enzimas de deterioração (menos resistentes ao calor) (Zanatta *et al.*, 2006).

As alterações enzimáticas ao nível da textura, não apresentam grande relevância em polpas de hortofrutícolas, uma vez tratar-se de um produto cujo processamento envolveu a trituração dos HF, e logo a destruição das estruturas celulares. Contudo mesmo que pouco relevantes, algumas modificações a este nível podem suceder resultado da actividade de enzimas sobre as pectinas, podendo reflectir-se na viscosidade destes produtos. São exemplos a enzima pectinametilesterase (PME, EC 3.1.1.11) e a poligalacturonase (PG, EC 3.2.1.15) (Freire *et al.*, 2009). No caso de polpas de HF a alteração devida à acção das enzimas pectinolíticas traduz-se, normalmente, por separação de fases.

### **3.3.2 Alterações Físico-químicas**

Os factores que influem na qualidade das polpas de HF podem ser também de natureza oxidativa. Ocorrendo em vitaminas (em particular no ácido ascórbico) e em compostos responsáveis pelo aroma e sabor das polpas, alterando as características sensoriais e nutricionais das mesmas. Estas reacções oxidativas dependem das condições de processamento utilizadas (ex. tratamento térmico), da presença do oxigénio, da relação tempo/temperatura de armazenagem e tipo de embalagem utilizada (ex. protecção à luz).

No caso particular de polpas congeladas, as alterações físico-químicas da qualidade podem ocorrer durante a armazenagem, tendo origem em oscilações de temperatura. Desta forma pode ocorrer recristalização, isto é, alteração de conformação e tamanho (aumento) dos cristais de gelo consoante a disponibilidade de água, e assim promover reacções de oxidação e alterações estruturais do produto, com repercussões na viscosidade do mesmo.

### **3.3.3 Alterações Microbiológicas**

Os microrganismos existentes nas polpas, estão associados à contaminação inicial da matéria-prima (HF), manipulação e/ou processamento (condições de higiene), e o seu desenvolvimento depende da sua capacidade de sobrevivência ou multiplicação no meio, do tipo de embalagem e da temperatura a que se encontra armazenado (Ramos *et al.*, 2007).

As polpas de hortofrutícolas apresentam pH baixo,  $a_w$  e teores de açúcares elevados e são ricas em ácidos orgânicos. Se por um lado o elevado teor de açúcares dos frutos (glucose, frutose, pentoses e pectinas) assim como o elevado  $a_w$  servem como meio para o desenvolvimento bacteriano, os hortícolas possuem ainda naturalmente compostos com actividade antimicrobiana (Ramos *et al.*, 2007). Verifica-se então que os microrganismos susceptíveis de se desenvolverem, pertencem ao grupo das bactérias lácticas, bolores e leveduras (Trindade *et al.*, 2002; Gonçalves, 2011) e a flora microbiana patogénica, devido ao baixo pH, permanece inibida. Alguns dos géneros mais comuns são *Corynebacterium*, *Curtobacterium*, *Pseudomonas* e *Xanthomonas* (Evangelista, 1994). A eventual presença de bolores e leveduras é um problema por apresentarem capacidade de produzir micotoxinas com efeitos mutagénicos e cancerígenos no organismo, colocando em causa a saúde dos consumidores.

As alterações microbianas podem conduzir à deterioração dos produtos, podendo resultar na rejeição das polpas por parte do consumidor, por exemplo, pelo desenvolvimento de aromas indesejáveis (produção de etanol e ácido láctico) (Alegria, 2007).

## **3.4 Processos de Conservação**

Com o objectivo de prolongar o período de vida útil das polpas de hortofrutícolas, são utilizados processos que visam minimizar as suas reacções de degradação. Usualmente, as indústrias optavam pelo uso de aditivos químicos, por não envolverem elevados custos, serem de simples utilização e não necessitarem de grandes infra-estruturas. Contudo, uma

das premissas do consumidor actual é evitar o consumo de alimentos que contenham este tipo de agentes.

Desta forma, as indústrias procuram alternativas que lhes garantam um produto saudável, seguro, de elevada qualidade nutricional e sensorialmente apelativo. Assim, algumas metodologias de conservação têm sido utilizadas para aumentar a durabilidade dos alimentos, prevenindo o crescimento microbiano e retardando as reacções de degradação da qualidade. De acordo com o tipo de produto e a durabilidade pretendida, tecnologias que utilizam a aplicação de calor (ex. pasteurização), e a aplicação de frio (ex. congelação e/ou a refrigeração), têm sido bastante aplicadas devido à sua eficiência quando utilizadas individualmente ou em simultâneo.

A pasteurização e congelação são metodologias amplamente utilizadas no processamento de polpas de frutos com efeitos comprovados na prevenção de diferentes reacções de degradação da qualidade decorrentes da armazenagem (Pelais *et al.*, 2008; Brunni *et al.*, 2002). Neste sentido é expectável o sucesso destes dois tratamentos em polpas de hortofrutícolas desde que optimizadas as variáveis de processo (binómio tempo/temperatura, nível de temperatura de congelação).

### 3.4.1 *Pasteurização*

A pasteurização é um tratamento térmico que envolve a aplicação de calor (geralmente inferiores a 100 °C) num alimento por um determinado período de tempo, tendo como principal objectivo prolongar o período de vida útil de um produto (em dias ou meses), através da eliminação e/ou redução da flora microbiana (formas vegetativas dos microrganismos patogénicos) e simultaneamente da inactivação de enzimas deteriorantes (Fellows, 2000).

A intensidade do tratamento térmico pode implicar alterações não desejáveis nas características do produto, nomeadamente perda de compostos de aroma e sabor, degradação térmica de nutrientes mais termossensíveis (como as vitaminas) e de cor, com perda de pigmentos ou escurecimento não enzimático (possíveis caramelizações) (Freire *et al.*, 2009; Zou *et al.*, 2012).

Desta forma, procura-se optimizar o binómio tempo/temperatura de pasteurização aplicado ao alimento por forma a garantir, não só a inactivação enzimática e a destruição de microrganismos termossensíveis (bactérias e leveduras), mas também a retenção das

propriedades dos alimentos, isto é, minimizar o impacto ao nível dos seus parâmetros de qualidade (física, química, sensorial e nutricional) (Silva e Gibbs, 2012).

Pela sua natureza, as polpas de hortofrutícolas, são produtos que apresentam uma grande variabilidade entre si, as características dos HF que lhes dão origem são muito distintas, pelo que os binómios empregues nos tratamentos térmicos devem ser determinados de acordo com as mesmas e ainda para cada tipo de polpa.

A eficiência da pasteurização está dependente de diversos factores como a fonte de calor utilizada no tratamento que pode ser, entre outras, água quente, vapor ou radiação ionizante (Lavarda, 2011). Ou ainda, do tipo de alimento (ex. viscosidade, taxa de transferência de calor no alimento), composição química (ex. pH), contaminação microbiológica, resistência térmica dos microrganismos e enzimas de referência para um determinado produto, entre outras (Freitas e Figueiredo, 2000)

A pasteurização pode ser feita empregando temperaturas baixas e longos intervalos de tempo (ex. 63 °C/30 min) denominando-se pasteurização lenta (LTLT - *Low Temperature Long Time*), ou, pasteurização rápida (HTST – *High Temperature Short Time*), isto é, empregando temperaturas elevadas num curto intervalo de tempo (ex. 75 °C/15 s). Uma variante à pasteurização rápida é a pasteurização muito rápida (UHT - *Ultra High Temperature*) onde é aplicado um binómio do tipo 137 a 140 °C por intervalos de tempo que variam entre 2 a 10 segundos, os produtos sujeitos a esta pasteurização são por norma mais estáveis, de qualidade superior e armazenáveis durante mais tempo. Na tabela 2 encontram-se apresentados alguns exemplos bibliográficos de tratamentos térmicos de pasteurização aplicados em polpas de frutos.

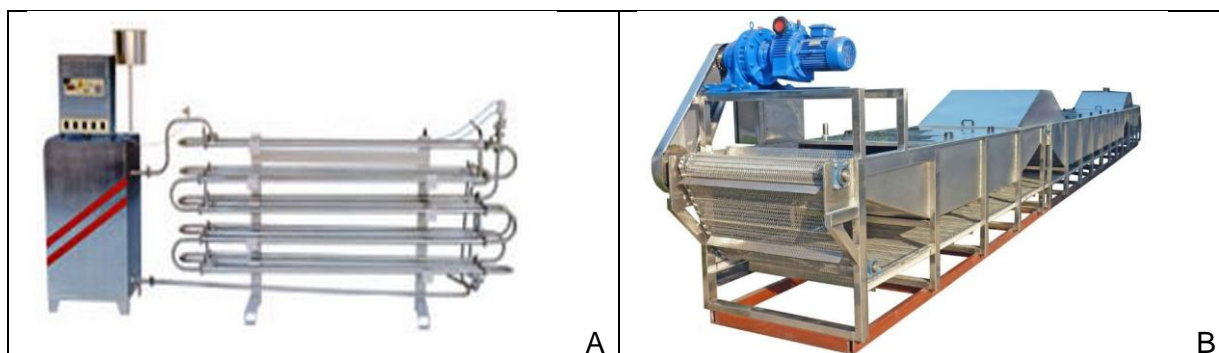
**Tabela 2** Exemplos bibliográficos de binómios tempo/temperatura utilizados na pasteurização de polpas de frutos.

Produtos	Condições (T / t)	Objectivo	Fonte
Polpa de Manga	80 °C/4,6min	Observar a alteração de cor	Faraoni <i>et al.</i> , 2008
Polpa de Taperebá	85 °C/3min.	Redução microbiana e da act. da POD	Bastos <i>et al.</i> , 2008
Polpa de Goiaba	65 °C/1,5min	Redução da act. da POD	Zanatta <i>et al.</i> , 2006
Polpa de Maracujá	70 °C/30 seg.	Retenção de vit. C e redução microbiana	Monteiro <i>et al.</i> , 2005
Polpa de Pêssego	75 °C/4min.	Inactivação da PPO	Joralles e Vendruscolo, 2007



Usualmente utilizam-se técnicas de conservação complementares à pasteurização, aplicadas para evitar ou retardar os processos de degradação (Freitas e Figueiredo, 2000). Pois, nem todos os agentes deteriorantes presentes nos alimentos (como os microrganismos esporulados e termorresistentes) e enzimas, são eliminados às temperaturas moderadas utilizadas. Alguns destes processos de conservação são: a armazenagem em congelação ou refrigeração, embalagem em atmosfera modificada, adição de açúcar ou conservantes químicos (Karel e Lund, 2003; Silva e Gibbs, 2012).

Na indústria, os diferentes métodos de pasteurização permitem que esta operação possa ser efectuada em etapas distintas do processamento de polpas, de acordo com os volumes de produção, tipos de embalagem utilizados e período de vida útil pretendido para o produto. Quando a pasteurização é realizada, por exemplo, em pasteurizador tubular (figura 3, A), o tratamento térmico antecede a etapa de embalagem, seguida de enchimento imediato dos sacos a quente ou enchimento asséptico e arrefecimento rápido (Pelais *et al.*, 2008; Faraoni *et al.*, 2008). Se realizada posteriormente à embalagem, a pasteurização pode ser feita por imersão das embalagens em tanques de água quente de temperatura controlada (figura 3, B), seguida também de arrefecimento rápido (Valderrama *et al.*, 2001; Bastos *et al.*, 2008).



**Figura 3** Exemplos de pasteurizadores utilizados industrialmente no tratamento térmico de polpas. A - pasteurizador tubular (Fonte: <http://www.tanbras.com.br>), B – Pasteurizador por imersão em água (Fonte: <http://portuguese.alibaba.com>).

### 3.4.2 Congelação

Os produtos congelados respondem a uma premissa do consumidor actual que assenta numa alimentação mais saudável e conveniente. A congelação de polpas de hortofrutícolas, visa essencialmente prolongar o período de vida útil do produto, preservando a sua qualidade, por inibição de possíveis processos deteriorativos.

A congelação é uma operação unitária em que a temperatura de um alimento (calor sensível) é reduzida abaixo do seu ponto de congelação, proporcionando a mudança de estado físico da água, com formação de cristais de gelo. A redução da temperatura ( $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) conduz à redução das taxas de desenvolvimento microbiano e minimização de reacções enzimáticas e oxidativas. A imobilização de água sob a forma de gelo resulta num aumento da concentração de solutos dissolvidos na água não congelada e numa diminuição da actividade da água no alimento. Quando a congelação e a armazenagem dos alimentos são feitas de forma correcta, ocorrem poucas alterações ao nível da qualidade nutricional e sensorial dos alimentos (Karel e Lund, 2003).

Existem diversos métodos de congelação de produtos alimentares que podem ser utilizados de acordo com a velocidade de congelação pretendida e as especificações do produto que se deseja tratar, isto é, dimensões, forma, tipo de embalagem (se aplicável) e ainda escala de produção. Assim, os métodos utilizados podem ser congelação por circulação de ar forçado, congelação por contacto, imersão ou aspersão em líquidos e congelação criogénica (Pinheiro, 2003).

Na congelação com circulação de ar forçado (temperatura entre  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), este circula de forma paralela ou perpendicular em torno dos alimentos, garantindo uma distribuição do ar uniforme, e a velocidades de  $5/6\text{ ms}^{-1}$ . O arrefecimento do produto dá-se devido à elevada velocidade do ar que reduz a espessura da camada de ar na superfície do alimento e assim promove o coeficiente de transferência de calor à superfície (Pinheiro, 2003). O processo de congelação pode ser realizado em contínuo (ex. túnel isolado termicamente onde passam carros de tabuleiros ou tapetes rolantes) ou em descontínuo (ex. carros de tabuleiros colocados em salas) (Santos, 2006).

#### **3.4.2.1 Etapas da Congelação**

A congelação é um processo que envolve diferentes etapas, sendo iniciado quando um alimento é colocado em meio frio (líquido, sólido ou gasoso), ocorrendo a remoção gradual do calor da superfície para o centro térmico até estabilizar (Gonçalves, 2010). Em seguida descrevem-se sumariamente as etapas envolvidas e esquematizadas na figura 4.

Primeira etapa (AS) – Refrigeração – remoção do calor do alimento (calor sensível) até a temperatura inicial de congelação ( $\theta_i$ ) ( $<0\text{ }^{\circ}\text{C}$  à excepção da água pura). A temperatura no início da congelação varia sempre de acordo com o produto que se está a tratar e sua

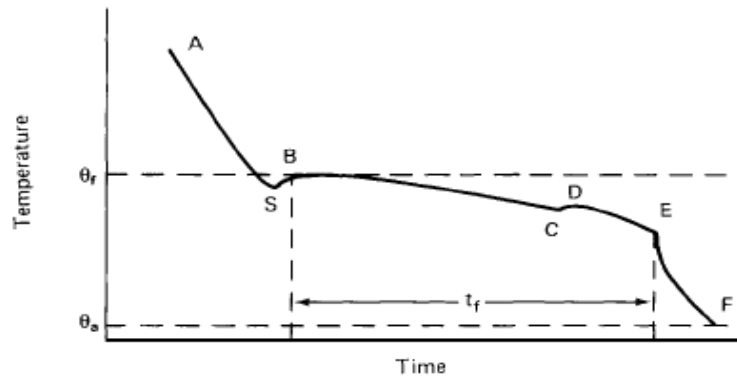
composição. No ponto S, a água permanece no estado líquido embora se encontre abaixo do ponto de congelação (Fellows, 2000; Gonçalves, 2010).

Segunda etapa (SB) – Nucleação – trata-se de uma etapa essencialmente transitória, em que nem sempre se verifica a formação de núcleos de cristalização.

Terceira etapa (BE) – Congelação – ocorre a formação de cristais de gelo (cristalização) à medida que o calor latente vai sendo removido do alimento, mantendo-se a temperatura relativamente constante. [A cristalização é um processo que pode ser dividido em duas fases: a nucleação (associação de moléculas em partículas ordenadas e de dimensões suficientes para formar cristais) e o crescimento dos cristais de gelo (aumento do núcleo)] (Fellows, 2000; Gonçalves, 2010). Contudo, em BC, verifica-se uma descida lenta e gradual da temperatura do ponto de congelação, correspondente ao abaixamento crioscópico causado pelo aumento da concentração de solutos no líquido não congelado. CD, representa solutos que sobressaturam e cristalizam, com libertação de calor latente e ligeira subida da temperatura, continuando a cristalização de água e solutos em DE. De acordo com a taxa de remoção de calor do alimento, é possível calcular o tempo de cristalização ( $t_f$ ) (Santos, 2006).

Quarta etapa (EF) – Pós-congelação – A temperatura do produto diminui até à temperatura de equilíbrio ( $\theta_a$ ), que deve corresponder à temperatura de armazenagem. Nesta fase do processo a maioria do calor sensível é removido (Fellows, 2000; Gonçalves, 2010).

O tempo que um alimento leva a congelar é medido pelo tempo que decorre entre o início da primeira etapa até ao momento em que a temperatura final é alcançada. O tempo de congelação varia de acordo com factores relacionados com o produto como o tamanho, forma e espessura do produto, a sua composição e com parâmetros relacionados com o ambiente, como a temperatura do meio de arrefecimento e o coeficiente de transferência de calor à superfície (Gonçalves, 2010).



**Figura 4** Curva característica da remoção de calor nos alimentos em função do tempo, durante o processo de congelamento. (Fellows, 2000)

### 3.4.2.2 Armazenagem em Congelação

As condições em que um produto congelado é mantido durante a armazenagem são determinantes na qualidade que este apresenta quando chega ao consumidor. A manutenção da baixa temperatura conduz a uma redução da velocidade das reacções químicas e enzimáticas e consequentemente à minimização dos processos de degradação naturais ao produto. Contudo, durante a armazenagem em congelação, algumas reacções de deterioração continuam a ter lugar.

Em geral, quanto mais baixa é a temperatura de armazenagem, mais baixa é a taxa de degradação. Apesar da reduzida actividade da água ( $a_w$ ) à temperatura de congelação, existe sempre água residual (ligada) que não fica congelada e está disponível para reagir (Afonso *et al.*, 1998). Em adição, verifica-se que a congelação e a armazenagem em congelação não inactivam as enzimas e têm efeitos diversos nos microrganismos. Segundo Fellows (2000), temperaturas de armazenagem relativamente altas (entre  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) têm um efeito letal maior em microrganismos que temperaturas mais baixas (entre  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), sendo que os diferentes tipos de microrganismos também apresentam resistências diferentes às baixas temperaturas.

### 3.4.2.3 Factores que Influenciam a Qualidade do Produto Armazenado em Congelação

A qualidade do produto final depende da combinação de diversos factores e das interacções entre estes, que podem levar a variações no produto congelado. São exemplos o tipo de produto, a qualidade inicial do produto e/ou matérias-primas, os tratamentos dados ao

produto anteriores à congelação (ex. pasteurização), o tipo de congelação, o tipo de embalagem e o tempo e a temperatura de armazenagem.

As polpas de hortofrutícolas, como já foi referido, por serem produtos cujo processamento implica destruição das membranas celulares encontram-se naturalmente propícios a uma maior degradação enzimática. Pelo que, o tratamento térmico antes da congelação é fundamental para inactivar estas enzimas e minimizar a degradação a este nível.

Normalmente armazenados à temperatura constante de congelação de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , os produtos congelados continuam, como já referido, sujeitos a alterações de qualidade aceleradas pela elevada concentração de solutos em torno dos cristais de gelo (o que permite às enzimas reagirem em maior extensão), por alterações de pH e potencial redox.

Idealmente, quando um produto é descongelado deve manter as suas características idênticas o mais possível ao produto em fresco (Evans, 2008). Para evitar alterações não desejáveis, é necessário que a cadeia de frio seja mantida, minimizando oscilações de temperatura.

# Desenvolvimento Experimental

---

- 1 Objectivos**
- 2 Materiais e métodos**
- 3 Estudo das cinéticas térmicas para obtenção da condição otimizada de pasteurização**
- 4 Avaliação da qualidade de polpas durante a armazenagem em congelação a diferentes condições de temperatura**

## 1 OBJECTIVOS

O presente estudo teve como principais objectivos numa primeira fase, a avaliação do efeito de cinéticas térmicas, numa gama de temperaturas de 80 °C a 98 °C, na qualidade físico-química, sensorial e conteúdo fenólico de duas formulações de polpas de hortofrutícolas, visando a sua estabilização enzimática e microbiológica durante a armazenagem em congelação. E, numa segunda fase, a avaliação dos mesmos parâmetros de qualidade e carga microbiana das mesmas formulações de polpas (com e sem pasteurização) durante a armazenagem em congelação, sob duas condições de temperatura (-5 °C e -18 °C).

As polpas de hortofrutícolas avaliadas foram resultado da mistura de diferentes proporções de hortofrutícolas (ananás, beterraba, morango e sumo de limão), que são adicionados a uma polpa base de pêra, por forma a maximizar a respectiva bioactividade, estabilidade físico-química e aceitação sensorial.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Matéria-prima

Os hortofrutícolas (HF) utilizados no âmbito do desenvolvimento experimental destes estudos foram cedidos pela empresa CAMPOTEC, S.A, nomeadamente pêra Rocha (*Pyrus communis* L.), ananás (*Ananas sativus*), morango (*Fragaria*), beterraba (*Beta vulgaris*) e limão (*Citrus limonum*).

Após recepção dos hortofrutícolas no laboratório, os mesmos são seleccionados por forma a eliminar unidades defeituosas (mal conformados, com danos visíveis e/ou estados de maturação muito avançados), lavados sob água corrente, secos com papel absorvente e posteriormente mantidos em condições de refrigeração ( $5\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ , câmara *Fitoclima* modelo S 600 *Pharma*) até ao processamento (máximo de 24 h).

### 2.2 Processamento das Polpas de Hortofrutícolas

O diagrama de processamento para as polpas é apresentado na figura 5. Antes do processamento, os hortofrutícolas são submetidos a pré-tratamentos térmicos (TT), cuja intensidade é dependente do tipo de hortofrutícola, para efeitos de redução da carga

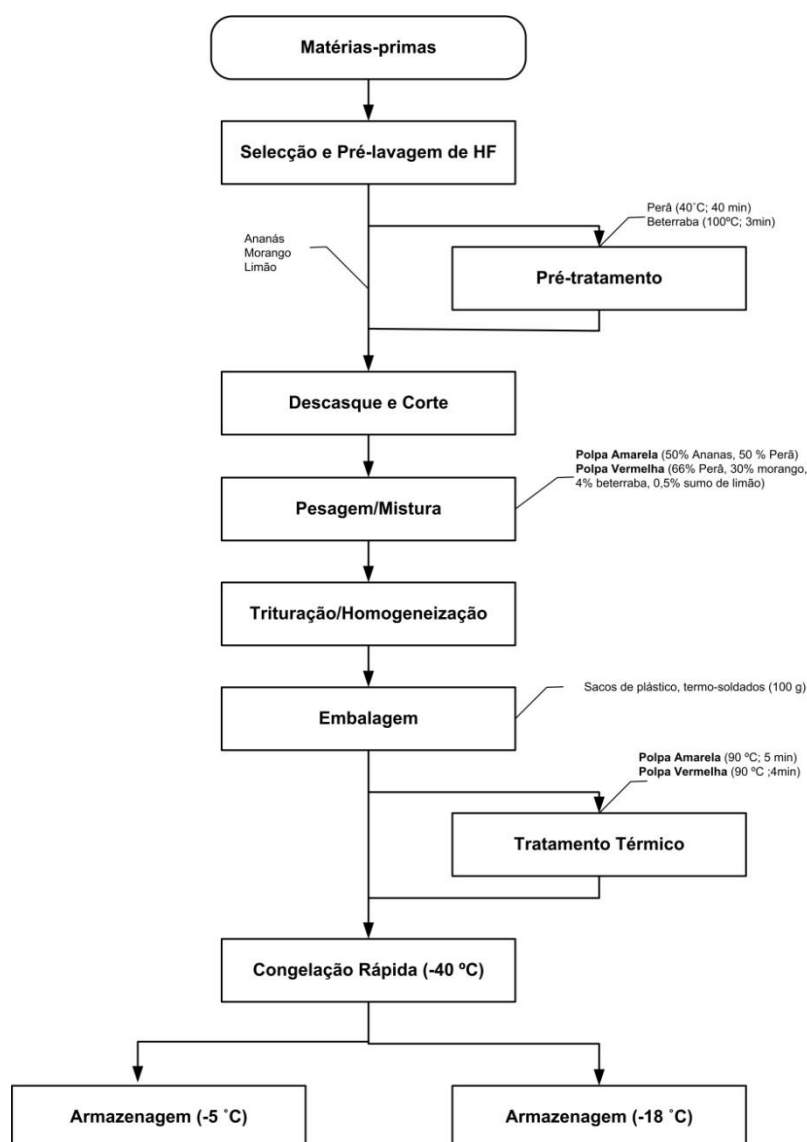
microbiana. Concretamente, os HF pré-tratados foram a pêra (40 °C/ 40min, Abreu *et al.*, 2003, 2011) e a beterraba (100 °C/ 3 min, resultados não publicados). Após os TT, os HF foram sujeitos a um choque térmico que consistiu na imersão dos mesmos em água e gelo, sendo posteriormente secos com papel absorvente.

Por forma a garantir a qualidade higiénica de todos os materiais em contacto com os hortofrutícolas (bancadas de trabalho, homogeneizador, recipientes e utensílios), estes foram previamente lavados e desinfectados (álcool 70%).

As operações de descasque e corte dos HF foram realizadas manualmente (facas), constituindo-se as polpas P\_Amarela ou P\_Vermelha por pesagem directa no copo de homogeneização, seguindo-se a homogeneização durante 1 minuto (*Robot Termomix*). A polpa P\_Amarela é constituída por pêra:ananás (50:50, p:p) e polpa P\_Vermelha por pêra:morango:beterraba:sumo de limão (66:30:4:1.5, p:p:p:v).

A polpa obtida (1 kg), foi embalada em porções de 100g em sacos de plástico aptos ao uso alimentar, devidamente identificados, de dimensões 5 cm x 7 cm e termo-selados (Tish-400 impulse sealer, *Tew Electric Heating Equipment Co, Ltd., Taipei, Taiwan*). As amostras obtidas foram colocadas em condições de refrigeração (5 °C), nos estudos das cinéticas térmicas ou congeladas em túnel (*Refriger, Electro-refrigeração, Portugal*) nos estudos de armazenagem em congelação.





**Figura 5** Diagrama geral de fabrico de polpas de hortofrutícolas congeladas.

Após o fabrico das polpas, estas foram caracterizadas no laboratório de química da Unidade de Investigação e Tecnologia Alimentar (UITA) do INIAV, avaliando-se a sua composição centesimal de acordo com as respectivas normas, que se apresenta na tabela 3.

De acordo com a análise centesimal efectuada é possível verificar que, tal como esperado, ambas as polpas apresentam elevados teores de humidade bem como a ausência de teores proteicos e lipídicos. Estes resultados encontram justificação no facto de os HF constituintes de ambas as polpas apresentarem elevados teores em água e serem também caracterizados pela pouca expressão de alguns nutrientes como são as proteínas e lípidos. Os conteúdos em açúcares determinados são os responsáveis pelo valor energético das

polpas em estudo, sendo de 49 e 41 kcal/100g para a polpa amarela e vermelha, respectivamente.

**Tabela 3** Análise centesimal de duas polpas de hortofrutícolas (polpa amarela e polpa vermelha).

	Polpa Amarela	Polpa Vermelha
<b>Humidade (%)</b> NP – 1614 de 2009	87.00	88.50
<b>Gordura total (%)</b> NP-1613 (1979)	0.00	0.00
<b>Proteína (%)</b> NP-1612 (2006)	0.00	0.00
<b>Açúcares totais (%)</b> NP-1419 (1987)	12.14	10.27
<b>Redutores (%)</b>	4.12	5.80
<b>Sacarose (%)</b>	7.94	4.47
<b>Fibra (%)</b> EN - ISO 6865 (2000)	0.63	0.81
<b>Cinza total (%)</b> NP-1615 (2002)	0.26	0.43
<b>Valor energético (kcal/100g)</b>	49	41
<b>Valor energético (kJ/100g)</b>	204	172

## 2.3 Métodos Analíticos

### 2.3.1 Determinação do pH

O valor de pH foi medido na polpa, por potenciometria, com auxílio de um potenciómetro *Crison Micro pH 2001* (*Crison instruments*; Espanha). Os valores médios de pH resultaram da média de n=3 determinações por amostra.

### 2.3.2 Determinação do Teor de Sólidos Solúveis

O teor de sólidos solúveis (TSS) foi determinado utilizando um refractómetro *ATAGO DDR-A1*. As leituras efectuaram-se no sumo obtido directamente da filtração da polpa. Os resultados são expressos em °Brix (percentagem de sólidos solúveis por 100g de produto), resultantes da média de n = 3 determinações por amostra.

### 2.3.3 Determinação da Actividade Enzimática da Peroxidase

A técnica para a determinação da actividade enzimática da POD foi adaptada pela descrita por Bifani *et al.* (2002). As modificações introduzidas deveram-se ao facto de se ter verificado a necessidade de concentrar o extracto enzimático de forma a garantir a reprodutibilidade e repetibilidade da técnica. Decorrente deste facto, foram optimizadas as

condições de extracção e doseamento espectrofotométrico para garantir a estequiometria da reacção enzimática durante um minuto.

Por optimização, estabeleceu-se a concentração de substrato a utilizar para a determinação da actividade enzimática da POD, sendo esta de 44.5 mM de peróxido de hidrogénio e de 44.7 mM de guaiacol, para um extracto enzimático obtido nas condições de mistura polpa: solução de extracção (1.5 M NaCl em 0.1 M tampão fosfato, pH 7) de 1:3 (p:v). Após obtenção do extracto enzimático por centrifugação (*Eppendorf Centrifuge 5415*), fez-se reagir uma alíquota deste com 3 ml de substrato (44.5 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 44.7 mM Guaiacol em 1.5 M NaCl em 0.1 M tampão fosfato, pH 7), perfazendo um volume total de 3.2 ml. Os resultados são expressos pela variação de 1 unidade de absorvância a 470 nm (espectrofotómetro ATI UNICAM UV/VIS 4) por minuto por mililitro (U/ml), nas condições de ensaio.

### 2.3.4 Determinação de Compostos Fenólicos Totais

A determinação de compostos fenólicos totais é baseada na reacção colorimétrica promovida pelo reagente *Folin-Ciocalteu* de acordo com Swain e Hillis (1959). A preparação do extracto fenólico é efectuada pela mistura de 1:4 (p:v) de polpa e metanol (100%) seguida de homogeneização a 20000 rpm x 1min (*Polytron Yellowline DI 25 basic*). O processo de extracção compreende um período de espera do homogeneizado *overnight* a 4 °C. Para obtenção do extracto fenólico segue-se uma centrifugação 12000 rpm x 8 min (4 °C, *Eppendorf Centrifuge 5415*) e armazena-se o sobrenadante (extracto fenólico) a 4 °C. Para o doseamento efectua-se a mistura, em tubos de 5ml, de 2400 µl de água nanopura com 150 µl de extracto fenólico e 150 µl de reagente *Folin-Ciocalteu* (0,25 N). Agita-se a mistura e após 3 min adiciona-se 300 µl de 1 N carbonato de sódio, agita-se novamente e espera-se 2 horas no escuro e à temperatura ambiente. Efectuam-se as leituras espectrofotométricas a  $\lambda=725$  nm (espectrofotómetro ATI UNICAM UV/VIS 4). Os cálculos baseiam-se na interpolação dos valores de absorvância na curva de calibração de ácido clorogénico (0-0.35 mg/ml), expressando-se os resultados em mg de equivalentes de ácido clorogénico por 100g de produto (mgEAC.100g<sup>-1</sup>).

### 2.3.5 Determinação da Cor

Os parâmetros da cor foram determinados com auxílio do colorímetro *Minolta CR 300* (Osaka, Japão), no sistema CIELab (iluminante C). A calibração do colorímetro é efectuada

a partir do padrão de referência branco ( $L^*=97.10$ ;  $a^*=0.19$ ;  $b^*=1.95$ ). Os resultados expressam a média de 5 determinações por duplicado de amostra.

Por leitura directa do aparelho obteve-se os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , em que o valor de  $L^*$  representa a luminosidade e traduz a variação da tonalidade escuro/claro, numa escala de 0 a 100% (em que 0 equivale a preto e 100 a branco). A cromaticidade é indicada pelo valor de  $a^*$  que varia entre o vermelho (+60) e o verde (-60) e pelo valor de  $b^*$  que varia entre amarelo (+60) a azul (-60). As coordenadas de  $a^*$  e  $b^*$  aproximam-se de 0 para cores neutras (branco, cinzento e preto).

Para além dos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , é possível definir a saturação ou cromatocidade da cor ( $C^*$ ), a tonalidade Hue ( $^\circ h$ ) e a diferença total de cor (TCD). O parâmetro  $C^*$  (Eq. 1) é uma medida do croma ou da saturação da cor e representa a distância ao eixo neutro. O atributo de cor  $^\circ h$  (Eq. 2 a Eq. 4) pode ser definido como o ângulo ( $0^\circ - 360^\circ$ ) que transmite a tonalidade de cor (figura 6). Os ângulos formados variam pelos eixos dos parâmetros  $a^*$  e  $b^*$ , definindo assim a tonalidade da cor, sendo que os ângulos entre  $0^\circ$  e  $90^\circ$  correspondem aos vermelhos, laranjas e amarelos; de  $90^\circ$  a  $180^\circ$  os amarelos, amarelo-verdes e verdes; de  $180^\circ$  a  $270^\circ$  os verdes, cianos e azuis; de  $270^\circ$  a  $360^\circ$  os azuis, púrpuras, magentas e novamente os vermelhos (Dafne, s/d).

$$C^* = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})} \quad \text{Eq. 1}$$

$$^\circ h = \frac{\left( \arctg \frac{b^*}{a^*} \right)}{6.2832} \times 360, \text{ se } a^* > 0 \text{ e } b^* > 0 \quad \text{Eq. 2}$$

$$^\circ h = 180 + \frac{\left( \arctg \frac{b^*}{a^*} \right)}{6.2832} \times 360, \text{ se } a^* < 0 \quad \text{Eq. 3}$$

$$^\circ h = 360 + \frac{\left( \arctg \frac{b^*}{a^*} \right)}{6.2832} \times 360, \text{ se } a^* > 0 \text{ e } b^* < 0 \quad \text{Eq. 4}$$



**Figura 6** Tonalidade de cor correspondente ao ângulo °h (0 – 360°).

(Fonte: <http://www.dtpstudio.de/english/raldesign.html>.)

A diferença total de cor (TCD) (Eq. 5) é o parâmetro que traduz as variações da cor entre uma dada amostra, com coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  e uma amostra referência.

$$TCD = \sqrt{(L^* - L^*_0)^2 + (a^* - a^*_0)^2 + (b^* - b^*_0)^2} \quad \text{Eq. 5}$$

O valor numérico deste parâmetro pode ser correlacionado com a percepção sensorial das diferenças de cor através da classificação de Drlange (1994), expressa na tabela 4.

**Tabela 4** Classificação do grau de diferenças pelo valor de TCD (Drlange, 1994).

TCD	Grau de Diferenças
0 - 0.2	Imperceptível
0.2 - 0.5	Muito pequena
0.5 - 1.5	Pequena
1.5 - 3	Distinta
3 - 6	Muito distinta
6 - 12	Grande
> 12	Muito grande

### 2.3.6 Determinação do Índice de Escoamento e Índice de Consistência

A partir dos valores de viscosidade aparente foi caracterizado o comportamento reológico das polpas e o seu ajuste à lei da potência, através da determinação dos índices de

escoamento ( $n$ ) e de consistência ( $k$ , Pa.sn), tendo sido realizadas três determinações por amostra. A avaliação da viscosidade aparente das polpas (expressa em cP ou Pa.s) foi realizada utilizando um viscosímetro *Brookfield* modelo RVT, (*spindle* RV n.º 5) nas velocidades de rotação de 2, 4, 10 e 20 rpm, em condições de temperatura controlada ( $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e à pressão ambiente.

### **2.3.7 *Análise Sensorial***

Nos ensaios de cinéticas térmicas, as polpas foram avaliadas sensorialmente por testes de preferência com codificação alfanumérica das amostras, considerando um painel semi-treinado de 5 provadores. Com o teste da escala hedônica, o provador expressa o grau de gostar ou de não gostar das polpas, em relação a um atributo específico (cor, aroma e sabor). Foi utilizada uma escala de 10 pontos, que contém os termos definidos situados no extremo, “gostei muitíssimo” e “desgostei muitíssimo” contendo um ponto intermediário com o termo “nem gostei; nem desgostei” (folhas de prova no anexo A).

A análise sensorial para o ensaio de armazenagem, foi realizada por testes de ordenação (ordenação crescente de pior para melhor em escala estruturada de 6 níveis) com codificação alfanumérica das amostras, considerando um painel semi-treinado de 15 provadores (folhas de prova no anexo B).

Os atributos sensoriais em avaliação foram a cor, o aroma e o sabor, existindo ainda um ponto para comentários dos provadores. Cumprindo-se em ambos os casos os requisitos da norma ISO 8586-1, 1993.

### **2.3.8 *Determinação de Microrganismos Aeróbios a 30 °C***

Determinação realizada de acordo com a norma EN ISO 4833: 2003 no laboratório de microbiologia da Unidade de Investigação e Tecnologia Alimentar do INIAV.

### **2.3.9 *Tratamento Estatístico de Resultados***

O tratamento dos resultados obtidos no estudo das cinéticas térmicas envolveu a modelização dos efeitos dos binómios tempo/temperatura sobre os parâmetros de qualidade estudados. Estes podem ser descritos por modelos cinéticos de ordem zero (Eq. 6) e de

1ª ordem (Eq. 7), dependendo do atributo considerado. A dependência da taxa de reacção sobre a temperatura é descrita pela equação de *Arrhenius* (Eq. 8). Sendo que em condições isotérmicas, pode ser obtido um modelo global que inclui o efeito da temperatura por fusão das equações 6 e 8 dando origem à Eq. 9.

$$C = C_0 - k_{(T)}t \quad \text{Eq. 6}$$

$$C = C_0 e^{-k_{(T)}t} \quad \text{Eq. 7}$$

$$k_{(T)} = k_{ref} \exp \left[ -\frac{Ea}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right) \right] \quad \text{Eq. 8}$$

$$C = C_0 \exp \left( -k_{ref} \exp \left( -\frac{Ea}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right) \right) t \right) \quad \text{Eq. 9}$$

No entanto, alguns autores (Rizvi & Tong, 1997; Stoneham *et al.*, 2000; Vu *et al.*, 2004, Gonçalves *et al.*, 2007) referem o recurso a um modelo de 1ª ordem fraccionário para descrever a alteração de parâmetros de qualidade de hortofrutícolas. Este baseia-se na descrição de cinéticas de 1ª ordem que considera a variação do parâmetro de qualidade a partir de um valor inicial até a um valor de equilíbrio (Eq. 10).

$$\frac{C - C_{eq}}{C_0 - C_{eq}} = e^{-k_{(T)}t} \quad \text{Eq. 10}$$

Os valores da constante da reacção ( $k$ ) e da energia de activação ( $Ea$ ) (Eq. 8) foram directamente estimados a partir dos dados experimentais (factor de qualidade versus o tempo, em todas as temperaturas), por regressão não-linear global, incorporando os modelos cinéticos considerados e a equação de *Arrhenius*, com recurso ao *Software StatisticaTM* v.8. A temperatura de referência utilizada foi o valor médio da gama de temperatura estudada ( $T_{ref} = 90$  °C) com o objectivo de melhorar a estimativa do parâmetro. A precisão dos parâmetros foi avaliada segundo intervalos de confiança a 95% e a qualidade da regressão avaliada pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ), a aleatoriedade e normalidade dos resíduos, permitindo seleccionar o melhor modelo.

Os dados obtidos em ambos os ensaios das polpas (cinéticas térmicas e ensaios de armazenagem às duas condições de temperatura de congelação) foram tratados estatisticamente com recurso ao *Software StatisticaTM* v.8 da *Statsoft*, por análise de variâncias (ANOVA), com separação de médias pelo teste de *Tukey* ( $p < 0.05$ ).

### **3 ESTUDO DAS CINÉTICAS TÉRMICAS PARA OBTENÇÃO DA CONDIÇÃO OPTIMIZADA DE PASTEURIZAÇÃO**

#### **3.1 Objectivo**

Pretendeu-se, através do estudo de cinéticas térmicas, avaliar os efeitos dos diferentes tratamentos térmicos (80 °C a 98 °C) na inactivação da enzima peroxidase (POD) e nas alterações de qualidade físico-química, sensorial, conteúdo fenólico total e contaminação microbiológica. Procurou-se ainda estabelecer condições optimizadas de tratamento térmico (pasteurização) que permitissem a estabilização bioquímica e microbiológica das polpas, durante a armazenagem em congelação e que, simultaneamente, minimizassem as perdas de qualidade das mesmas relativamente às polpas *in natura*.

#### **3.2 Delineamento Experimental**

Para o ensaio de cinéticas térmicas foram constituídas e embaladas as polpas de acordo com a metodologia descrita no ponto 2.2 para ambas as formulações. Para cada tipo de polpa, P\_Amarela e P\_Vermelha, os ensaios experimentais com um delineamento totalmente randomizado, compreenderam a constituição de 21 tipos de amostra no total (100g por saco, 3 sacos de amostra por condição), tal como se apresenta na tabela 5.

As amostras foram introduzidas num banho de água termoestabilizados ( $\pm 1$  °C; HAAKE B, SoteI) com agitação à temperatura pretendida. Durante os tratamentos térmicos, a temperatura do banho foi monitorizada com recurso a termopares (tipo T, Ellab) localizados em diferentes partes do banho (centro e junto às paredes). Dependendo da temperatura usada, as amostras foram retiradas após o tempo pretendido (não em sequência), até ao máximo de 25 min. Posteriormente ao tratamento térmico, as amostras foram arrefecidas em banho de água e gelo e colocadas em câmara de refrigeração (*Fitoclima*  $\pm 5$  °C) até avaliação dos parâmetros de qualidade que compreenderam as determinações de: pH, teor de sólidos solúveis (°Brix), actividade da enzima peroxidase (U/ml), conteúdo fenólico total (mgEAC100g<sup>-1</sup>), cor CIELab, análise sensorial (cor, sabor e aroma) e contagem de microrganismos aeróbios a 30 °C.



**Tabela 5** Binómios tempo/temperatura avaliados para as cinéticas térmicas.

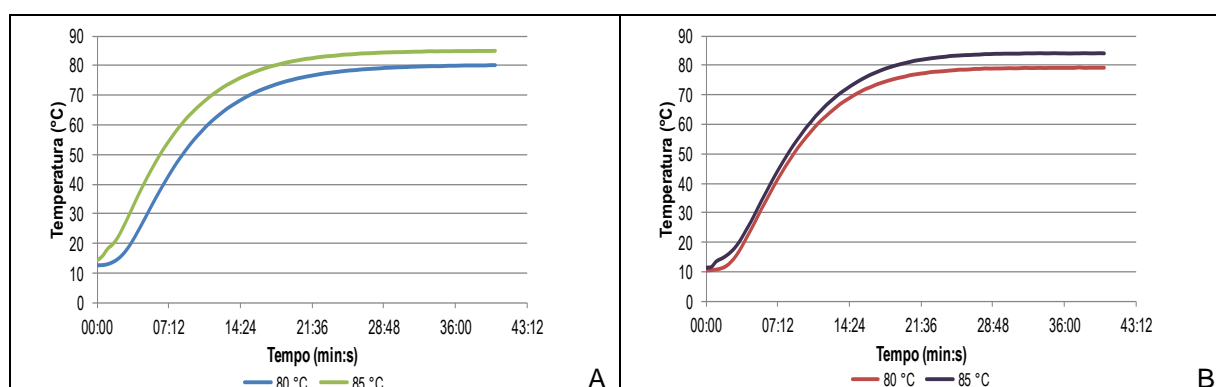
T(°C)	t(min)	T(°C)	t(min)	T(°C)	t(min)	T(°C)	t(min)
80	5	85	2.5	90	1	98	0.5
	10		5		2.5		1
	15		10		5		2.5
	20		15		10		5
	25		20		15		10

Previamente aos ensaios cinéticos foram realizados perfis de temperatura para ambas as polpas (amarela e vermelha). Desta forma procurou-se verificar o tempo decorrido até ser atingida a temperatura pretendida no centro térmico dos sacos de polpa e a estabilidade do banho de água termoestatizados (HAAKE B, *Sotel*) utilizado nos ensaios. Para tal, monitorizou-se a temperatura do banho com recurso a termopares (tipo T, *Ellab*) colocados no centro térmico aproximado de cada saco de polpa e no centro e paredes do banho.

### 3.3 Resultados e Discussão

#### 3.3.1 Perfil de Temperatura

Na figura 7 apresentam-se dois registos de temperatura obtidos a partir da monitorização da temperatura (80 °C e 85 °C) no centro térmico das polpas. Verifica-se que ambas as polpas estabilizaram às temperaturas pretendidas e que o banho utilizado se apresentou bastante estável.



**Figura 7** Perfil de temperaturas a 80 °C e 85 °C no centro térmico das polpas amarela (A) e vermelha (B).

### 3.3.2 pH e Teor de Sólidos Solúveis

Da análise dos dados obtidos através dos estudos cinéticos, verificou-se que os parâmetros pH e teor de sólidos solúveis (°Brix) para ambas as polpas (P\_Amarela e P\_Vermelha), não registaram alterações significativas ( $p > 0.05$ ) com o tratamento térmico. Como pode ser observado na tabela A1 e A2 (anexo A) onde se encontram representadas as médias ( $\pm$  DP) obtidas para os parâmetros referidos.

### 3.3.3 Actividade da Enzima Peroxidase

A enzima peroxidase pertence ao grupo das enzimas oxirredutases, sendo normalmente uma enzima associada a reacções de degradação oxidativa em frutas e vegetais. A peroxidase pode causar mudanças indesejáveis no aroma, gosto, cor e textura, estando ainda associada à perda de qualidade nutricional dos alimentos (Vámos-Vigyázó, 1981).

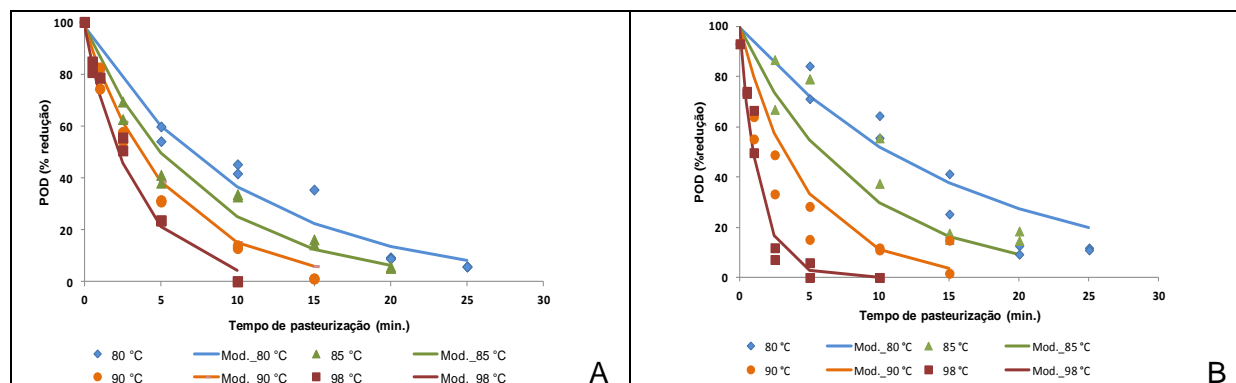
Na maior parte dos frutos esta enzima (POD) é a mais termorresistente (Zou *et al.*, 2012), pelo que a sua inactivação é considerada um indicador apropriado da eficácia dos tratamentos térmicos de pasteurização. A inactivação da enzima POD num produto assim tratado indica ainda a perda de actividade de outras enzimas de deterioração que possam estar presentes (Zanatta *et al.*, 2006).

Os valores médios ( $\pm$  DP) de actividade da enzima peroxidase para as polpas P\_Amarela e a P\_vermelha *in natura* são de  $18.1 \pm 1.5$  e  $7.6 \pm 0.7$  U/ml, respectivamente. Na figura 8 (dados no anexo A) apresenta-se a redução percentual da actividade da enzima POD em função do tempo, para as diferentes temperaturas avaliadas em ambas as polpas. Os valores foram normalizados em relação à actividade inicial do produto *in natura*.

Verificou-se que a inactivação da enzima foi afectada significativamente ( $p < 0.05$ ) pelo tempo e temperatura do tratamento térmico. Para a P\_Amarela, a actividade residual da enzima POD a  $80\text{ }^{\circ}\text{C}/25\text{min}$  é cerca de 5%. Na P\_Vermelha a actividade residual, para o mesmo binómio de tratamento térmico, é de cerca de 20%, facto que mostra que a enzima POD desta polpa apresenta maior resistência térmica. Por outro lado, à temperatura de  $98\text{ }^{\circ}\text{C}$  e após 10min de tratamento térmico, não foi observada qualquer actividade da enzima peroxidase nas polpas.

No presente estudo, os resultados obtidos para ambas as polpas, foram satisfatoriamente descritos por um modelo cinético de *Arrhenius* – 1ª ordem (Eq. 7) *cf.* 2.3.9. O ajuste é

apresentado na figura 8 (dados anexo A, tabelas A3 e A4). A qualidade do modelo foi avaliada pela análise dos resíduos e o valor de  $R^2$  foi de 0.99 para a polpa amarela e de 0.94 para a polpa vermelha. Os parâmetros cinéticos obtidos e os intervalos de confiança a 95% apresentam-se na tabela 6.



**Figura 8** Redução percentual da actividade da enzima POD para a polpa amarela (A) e para a polpa vermelha (B).

Como podemos observar pelos parâmetros cinéticos, a enzima POD da P\_Vermelha revelou uma maior sensibilidade à temperatura comparativamente à P\_Amarela. Em relação aos valores bibliográficos publicados acerca da enzima POD para frutos, os valores obtidos são bastante inferiores (sumo de tomate, 556  $\text{KJmol}^{-1}$ ; Anthon, *et al.*, 2002; Guava 96  $\text{KJmol}^{-1}$ , Ganjloo *et al.*, 2009; puré de morangos 254  $\text{KJmol}^{-1}$ , Terefe *et al.*, 2010; morangos 96.2-74.6  $\text{KJmol}^{-1}$ , Chisari *et al.*, 2007).

**Tabela 6** Parâmetros cinéticos e respectivos intervalos de confiança a 95 % dos parâmetros de qualidade obtidos na sequência dos tratamentos térmicos/pasteurização das polpas amarelas e vermelhas.

Polpa	Parâmetro de Qualidade (modelo cinético)	Parâmetros Cinéticos			
		$C_0$	$C_{eq}$	$K_{90}$ °C (min <sup>-1</sup> )	$E_a$ (kJ.mol <sup>-1</sup> )
Amarela	POD ( <i>Arrhenius</i> 1ª ordem)	98.42±1.68		0.19±0.01	68.72±54.70
	Cor				
	TCD (Fraccionário 1ª ordem)		14.98±0.57	0.36±0.04	92.29±14.07
	Hue ( <i>Arrhenius</i> 1ª ordem)	101.7±0.21		$2.57 \times 10^{-3} \pm 3.26 \times 10^{-4}$	56.11±12.57
	Análise sensorial				
	Cor ( <i>Arrhenius</i> 1ª ordem)	8.8±0.14		$0.03 \pm 3 \times 10^{-3}$	90.84±13.43
	Sabor ( <i>Arrhenius</i> 1ª ordem)	9.2±0.14		$0.04 \pm 3.17 \times 10^{-3}$	66.30±10.46
	Aroma ( <i>Arrhenius</i> 1ª ordem)	8.9±0.15		$0.03 \pm 3.20 \times 10^{-3}$	62.62±12.15
Vermelha	POD ( <i>Arrhenius</i> 1ª ordem)	7.57±0.28		0.36±0.00	52.88±0.96
	Cor				
	TCD (Fraccionário 1ª ordem)	1.11±0.21	6.55±1.23	$30.48 \pm 53.97^*$	74.67±21.24
	Análise sensorial				
	Cor ( <i>Arrhenius</i> 1ª ordem)	9.13±0.17		$6.22 \times 10^{-4} \pm 2 \times 10^{-3}$	53.10±33.26

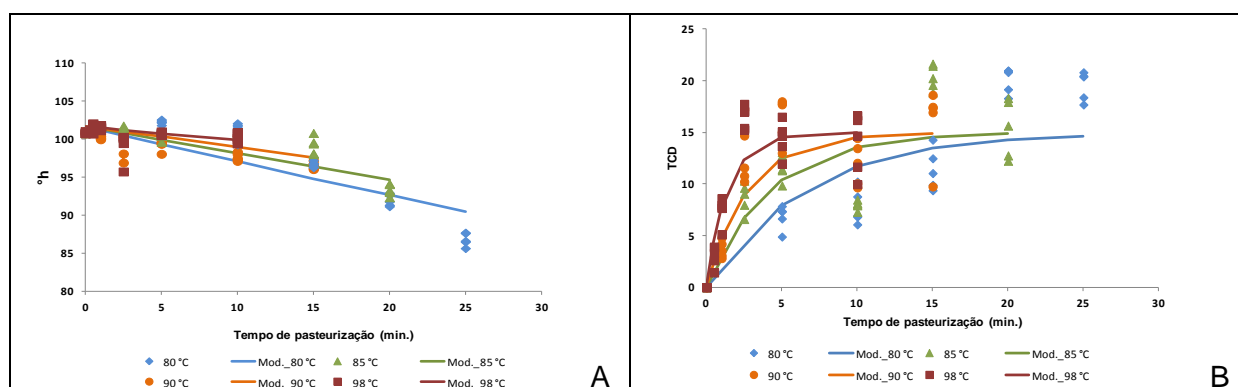
\*Intervalo de confiança sem significância

Para uma óptima manutenção da qualidade das polpas durante o período de armazenagem em congelação é recomendado que, após tratamento térmico, ocorra uma redução da actividade da enzima POD em cerca de 80%, relativamente à actividade inicial. Para a P\_Amarela tratada termicamente a 80, 85, 90, e 98 °C, esta meta de redução foi obtida respectivamente após 17, 12, 9, e 5 min de tratamento (figura 8, A). Para a P\_Vermelha e para a mesma sequência de temperaturas, a redução enzimática foi obtida após 25, 14, 8 e 3 min de tratamento térmico (figura 8, B).

### 3.3.4 Cor

A polpa amarela *in natura* (amostra de referência sem pasteurização para as P\_Amarelas) exibiu uma cor amarela viva correspondendo aos seguintes valores médios ( $\pm$ DP)  $L^*$  67.0  $\pm$  0.7,  $a^*$  -5.2  $\pm$  0.1,  $b^*$  27.2  $\pm$  0.6,  $C^*$  27.7  $\pm$  0.6 e  $^{\circ}h$  100.8  $\pm$  0.1 (tabela A1, anexo A). Os valores médios ( $\pm$ DP) de alguns dos parâmetros de cor da polpa vermelha fresca (amostra de referência sem pasteurização para as P\_Vermelhas) foram os seguintes:  $L^*$  29.3  $\pm$  1.5,  $a^*$  30.4  $\pm$  1.1,  $b^*$  11.8  $\pm$  0.5,  $C^*$  31.1  $\pm$  1.1 e  $^{\circ}h$  11.8 $\pm$ 0.5 (tabela A2, anexo A).

Verificou-se que para a P\_Amarela, os valores do parâmetro  $^{\circ}h$  diminuem significativamente ( $p < 0.05$ ) com o tempo e temperatura do tratamento térmico (figura 9 (A); dados no anexo A, tabela A3). A cor desta mesma polpa torna-se mais laranja, perdendo cor amarela (*cf.* figura 6). A figura 9 (B); apresenta as alterações do parâmetro de cor TCD em função da intensidade do tratamento térmico para a P\_Amarela. Observou-se a ocorrência de alterações significativas neste parâmetro a todas as temperaturas testadas. Assim, para a P\_Amarela nas condições de TT 80 °C/25 min e 98 °C/10 min os valores médios observados de TCD foram de 20 e 15, respectivamente. Estes valores correspondem, na escala de *Drlange* (1994) (tabela 4), a um grau de diferença em relação à polpa em fresco de *Muito Grande*.



**Figura 9** Gráficos representativos das alterações dos parâmetros de cor  $^{\circ}h$  (A) e TCD (B) para a polpa amarela para as diferentes cinéticas térmicas.

Para a P\_Amarela, os modelos de *Arrhenius* de 1ª ordem (Eq. 7) e 1ª ordem fraccionário (Eq.10), ajustaram-se satisfatoriamente aos dados experimentais °h e TCD, respectivamente. Na tabela 6, encontram-se os valores dos parâmetros cinéticos da cor, como o valor de equilíbrio ( $C_{eq}$ ) para o parâmetro TCD que foi de 15 e os valores estimados  $E_a$  e  $K$ .

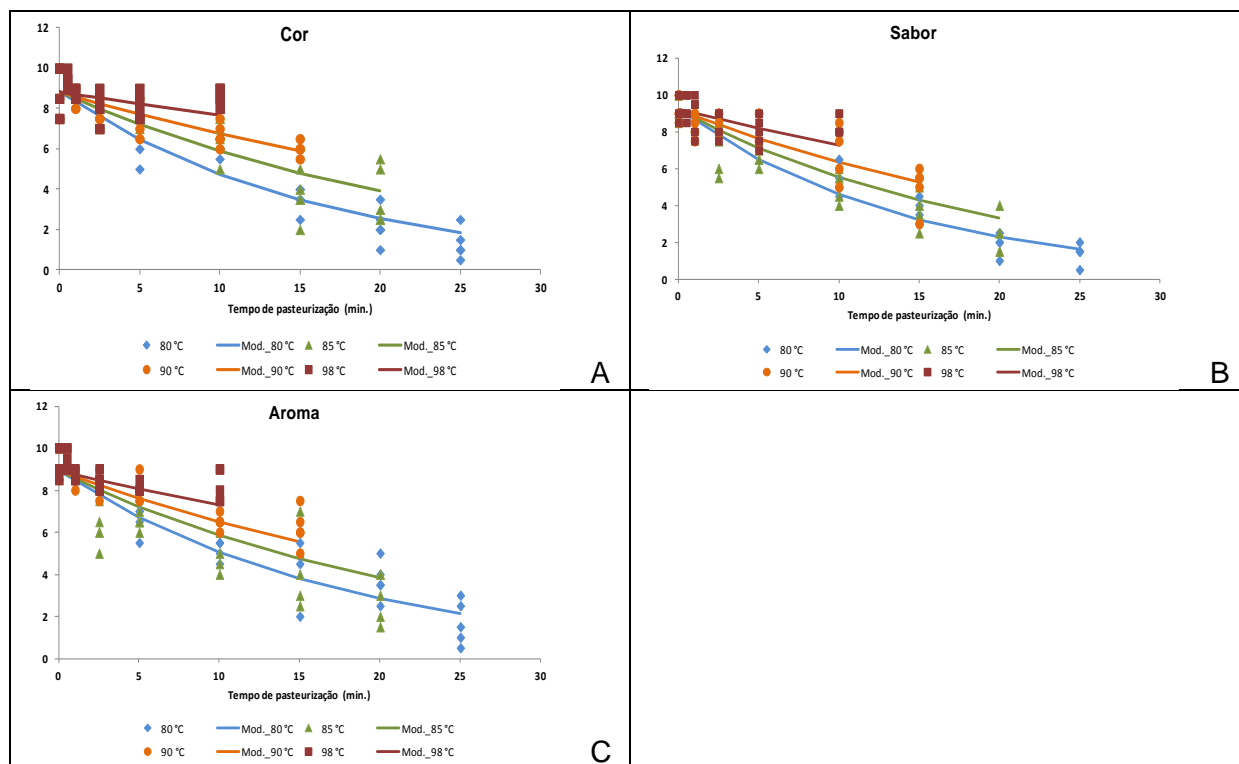
Os parâmetros de cor modelizados para a P\_Amarela, verificaram a normalidade e aleatoriedade dos resíduos com valores de  $R^2$ , satisfatoriamente elevados, de 0.86 e 0.85, respectivamente para °h e TCD.

Para a P\_Vermelha o modelo de *Arrhenius* de 1ª ordem fraccionário, ajustou-se satisfatoriamente aos dados experimentais de TCD ( $R^2 = 0.78$ ) (anexo A, tabela A4). O valor de equilíbrio ( $C_{eq}$ ) para o parâmetro de TCD foi de 6, correspondendo na escala de *Drlange* (1994) (tabela 4) a um grau de diferença em relação à polpa *in natura* de *Muito Distinta*. Pela observação da tabela 6, constata-se que o parâmetro TCD da P\_Amarela apresenta um valor de  $E_a$  de 92  $\text{KJ.mol}^{-1}$ , bastante superior ao encontrado para a P\_Vermelha que foi de 75  $\text{KJ.mol}^{-1}$ . Estes valores cinéticos para o parâmetro de cor TCD são, contudo, inferiores relativamente aos encontrados para outros frutos: 92.8  $\text{KJmol}^{-1}$  para sumo de uva (Rhim *et al.*, 1989), 28.5, 39.6 e 36.0 92.8  $\text{KJmol}^{-1}$  para, respectivamente, polpa de maçã, pêssago e ameixa (Lozano e Ibarz, 1997) e 119.0  $\text{KJmol}^{-1}$  puré de pêssago (Ávila e Silva, 1999).

### 3.3.5 *Análise Sensorial*

O efeito do tratamento térmico na cor, sabor e aroma analisados sensorialmente para a P\_Amarela está presente na figura 10 (anexo A, tabela A5). Observa-se que os atributos sensoriais referidos sofrem alterações significativas ( $p < 0.05$ ) com o tratamento térmico. A avaliação dos provadores indicou que as amostras P\_Amarelas apresentaram notáveis perdas de cor, sabor e aroma, relativamente a amostras não tratadas.

As alterações dos três parâmetros sensoriais seguiram um modelo cinético de *Arrhenius* de 1ª ordem (Eq.7). Os valores estimados de energia de activação, a constante de reacção ( $C_0$ ) à temperatura de referência de 90 °C ( $k_{90\text{ °C}}$ ) e os correspondentes intervalos de confiança a 95%, encontram-se na tabela 6. Os coeficientes de correlação ( $R^2$ ) são 0.92, 0.93, 0.90, respectivamente.



**Figura 10** Gráficos representativos dos valores do modelo para a análise sensorial da polpa amarela, nos parâmetros cor (A), sabor (B) e aroma (C).

Para a P\_Vermelha foi possível modelar os resultados obtidos no parâmetro cor com um modelo cinético de Arrhenius de 1ª ordem ( $R^2 = 0.89$ ) (anexo A, tabela A6). Os parâmetros cinéticos alcançados encontram-se na tabela 6. Relativamente aos resultados para os parâmetros sensoriais sabor e aroma da P\_Vermelha, estes não foram possíveis de modelar por não se terem verificado diferenças estatísticas entre eles ( $p > 0.05$ ).

Comparando a  $E_a$  do parâmetro cor da P\_Amarela ( $90.84 \text{ KJ.mol}^{-1}$ ) com o da P\_Vermelha ( $53.1, \text{ KJ.mol}^{-1}$ ) verifica-se que este último é muito inferior, pelo que se pode afirmar que esta polpa revelou maior sensibilidade à temperatura.

Não foram encontrados na bibliografia valores cinéticos relativos à avaliação sensorial de produtos derivados de frutos.

Como sinopse, a tabela 7 apresenta diferentes condições de tratamento térmico, requeridas para reduzir a actividade da enzima peroxidase na polpa amarela e os correspondentes efeitos nos parâmetros de qualidade sensorial.

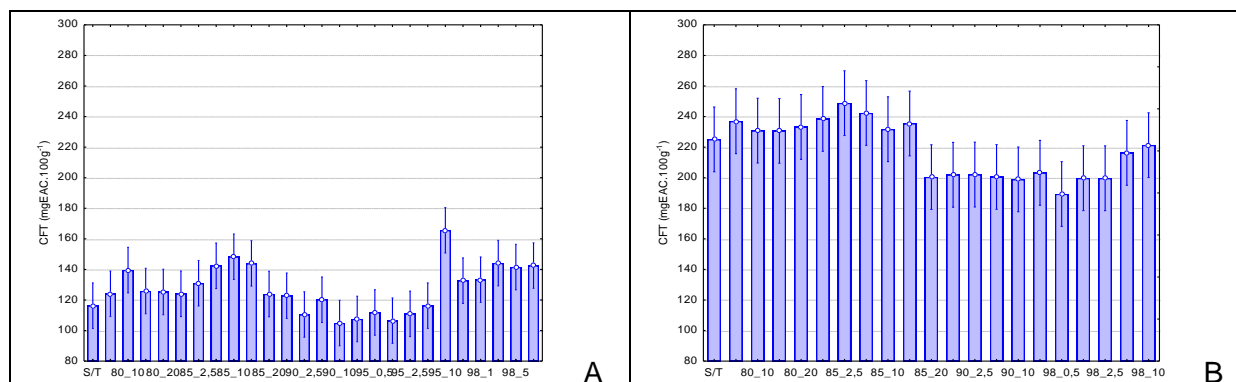
**Tabela 7** Diferentes condições de tempo/temperatura e respectivos efeitos na actividade enzimática da POD e na qualidade sensorial da polpa amarela.

T (°C)	t (min)	Redução da act. da enzima POD (%)	Perda dos parâmetros de qualidade sensorial (%)		
			Cor	Sabor	Aroma
80	10	63	53	54	49
85	10	75	41	45	42
90	5	62	23	24	24
98	5	79	18	18	19

### 3.3.6 Compostos Fenólicos Totais

Os valores médios ( $\pm$ DP) do conteúdo fenólico total para as polpas P\_Amarela e P\_Vermelha sem tratamento térmico (amostras de referência *in natura*) foram de  $116.3 \pm 5.6$  e  $224.9 \pm 4.9$  mgEAC.100g<sup>-1</sup>, respectivamente.

O efeito da aplicação de diferentes binómios de tempo/temperatura no conteúdo fenólico da P\_Amarela e P\_Vermelha é apresentado na figura 11.



**Figura 11** Conteúdo fenólico total de amostras de P\_Amarela (A) e P\_Vermelha (B) submetidas a diferentes binómios tempo/temperatura. S/T – Sem tratamento térmico e 80\_5 (80 °C/5min), 80\_20 (80 °C/20min), 85\_2.5 (85 °C/2.5min), 85\_10 (85 °C/10min), 85\_20 (85 °C/20min), 90\_2.5 (90 °C/2.5min), 90\_10 (90 °C/10min), 95\_0.5 (95 °C/0.5min), 95\_2.5 (95 °C/2.5min), 95\_10 (95 °C/10min), 98\_1 (98 °C/1min), 98\_5 (98 °C/5min).

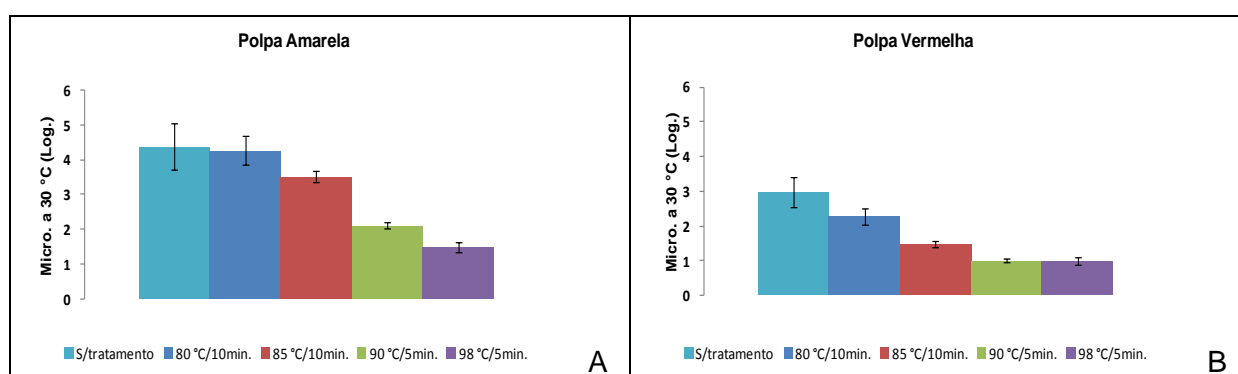
A comparação dos conteúdos fenólicos totais médios não revela diferenças significativas entre as amostras, independentemente do tratamento térmico aplicado. O mesmo é verificado por comparação das amostras tratadas com as amostras sem tratamento (S/T), para ambas as polpas.

O conteúdo fenólico total médio ( $\pm$ DP) para amostras tratadas termicamente foi de  $128.0 \pm 15.4$  mgEAC.100g<sup>-1</sup> para a P\_Amarela e de  $218.4 \pm 18.2$  mgEAC.100g<sup>-1</sup>, para a P\_Vermelha.

### 3.3.7 Microrganismos Aeróbios a 30 °C

Os resultados microbiológicos obtidos para ambas as polpas em avaliação, tratadas termicamente de acordo com as condições tempo/temperatura utilizadas frequentemente na indústria de produção de polpas, apresentam-se na figura 12 (A) para a polpa amarela e em (B) para a polpa vermelha. Não existindo limites específicos na legislação para contagem de microrganismos a 30 °C para polpas, pode-se verificar que a contaminação inicial das polpas *in natura* se encontra de acordo com os padrões microbiológicos estabelecidos para produtos HF em fresco. A microflora destes compreende uma grande diversidade de microrganismos (com eventual presença de patogénicos) podendo ser contabilizadas cerca de  $10^5$  a  $10^7$  UFC.g<sup>-1</sup> (Hagenmaier *et al.*, 1998).

Contrariamente ao esperado nas polpas sem tratamento, as contagens de microrganismos a 30 °C foram superiores para a polpa amarela (cerca de 4 ciclos Log) relativamente à polpa vermelha (cerca de 3 ciclos Log). Estes resultados não encontram justificações pois, tendo em conta que as condições de processamento foram idênticas para ambas as polpas, seria de esperar, pela origem da matéria-prima (ex. beterraba com origem na terra), uma maior contaminação na polpa vermelha.



**Figura 12** Gráficos representativos dos valores médios  $\pm$  DP das contagens microbiológicas obtidas em algumas condições térmicas para a polpa amarela (A) e para a polpa vermelha (B)

Verifica-se ainda pela observação da figura 12 que as condições de tratamento térmico com maior efectividade na redução da carga microbiana presente em ambas as polpas, foram aquelas que corresponderam a temperaturas elevadas e tempos curtos de pasteurização.



Na polpa amarela e vermelha, as condições 90 °C/5min e 98 °C/5min foram as mais eficientes e permitiram alcançar na polpa amarela uma redução de cerca de 2 e 2.5 ciclos Log, respectivamente, e de 2 ciclos Log, na polpa vermelha.

### **3.4 Conclusões Intercalares**

A inactivação da enzima peroxidase para a P\_Amarela e P\_Vermelha segue um modelo de 1ª ordem. Os restantes parâmetros de qualidade avaliados (cor e análise sensorial) foram bem descritos por modelos cinéticos de 1ª ordem ou 1ª ordem fraccionário. O modelo de *Arrhenius* descreveu a dependência da constante de reacção com a temperatura de todos os factores considerados.

Os conteúdos fenólicos totais dos dois tipos de polpas não foram afectados pelos diferentes tratamentos térmicos ensaiados. Verificando-se ainda que as amostras de polpa vermelha apresentaram cerca do dobro do conteúdo fenólico total, comparativamente às amostras de polpa amarela.

O estudo revelou pelos parâmetros cinéticos de qualidade analisados para a polpa vermelha, que esta última apresenta uma maior sensibilidade à temperatura que a polpa amarela.

Os tratamentos térmicos com maior intensidade térmica (90 ou 98 °C), aplicados em conjunto com tempos mais curtos (5 min), demonstraram ser mais efectivos na redução da carga microbiana das polpas, relativamente aos tratamentos térmicos de temperaturas inferiores (80 ou 85 °C) com tempos mais prolongados (10 min).

Para a continuação deste estudo (avaliação da qualidade das polpas armazenadas em congelação) e face aos resultados encontrados, optou-se pelo binómio tempo/temperatura de pasteurização de 90 °C/5min para P\_Amarela e 90 °C/4min para a P\_Vermelha. Verificou-se que nestas condições, a inactivação da enzima peroxidase corresponde a cerca de 70%, a redução da carga microbiana é superior a 1 ciclo Log e que não ocorrem alterações significativas de qualidade nas polpas, nomeadamente nos parâmetros sensoriais analisados (classificação dos provadores de 8 na escala de ordenação utilizada).

## **4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE POLPAS DURANTE A ARMAZENAGEM EM CONGELAÇÃO A DIFERENTES CONDIÇÕES DE TEMPERATURA**

### **4.1 Objectivo**

O principal objectivo do estudo de armazenagem em congelação de duas polpas de hortofrutícolas (P\_Amarela e P\_Vermelha, base pêra), foi o de avaliar o efeito da temperatura (-5 °C vs. -18 °C) na estabilidade dos parâmetros de qualidade e potencial bioactivo das polpas (com pasteurização e sem pasteurização), assim como da sua aceitabilidade sensorial, durante os 70 dias em armazenagem.

### **4.2 Delineamento Experimental**

Por optimização dos binómios tempo/temperatura para ambas as polpas, concluiu-se que as condições óptimas de pasteurização foram as de 90 °C/5 min para a polpa amarela e de 90 °C/4 min para a polpa vermelha (*cf.* 3). Estas condições de pasteurização foram aquelas que promoveram efeitos benéficos para a maximização da retenção de cor, do conteúdo fenólico total, da perda de actividade da peroxidase, bem como a de redução significativa da carga microbiana inicial.

Foram constituídos 2 tipos de amostras (em duplicado, 100g por saco) por polpa, pasteurizadas e não pasteurizadas, conforme a metodologia descrita em 2.2 para ambas as formulações (P\_Amarela e P\_Vermelha), cuja identificação se apresenta na tabela 8. Após a constituição das amostras, estas foram congeladas em túnel de ar forçado (*Refriger*, Electro-Refrigeração, Portugal) (-35 °C ± 1 °C) e armazenadas em câmaras (*Fitoterm* S550 BT) nas condições de temperatura de -5 °C e de -18 °C (± 1 °C). O protocolo analítico de acompanhamento envolveu a determinação de pH, teor de sólidos solúveis (TSS, °Brix), actividade da peroxidase (POD, U/ml), conteúdo fenólico total (CFT, mgEAC.100g<sup>-1</sup>), cor CIELab, índice de consistência (Pa.s<sup>n</sup>), análise sensorial (cor, sabor e aroma) e contagem de microrganismos a 30 °C, sendo o mesmo realizado logo após o processamento (dia 0) e durante um período de cerca de 3 meses (dias 1, 7, 16, 28, 42, 56 e 70 para a P\_Amarela e dias 1, 8, 14, 28, 42, 57 e 70 para a P\_Vermelha).

**Tabela 8** Identificação e descrição das amostras constituídas para os ensaios de armazenagem.

Id. Amostras	Descrição
P_Ama._NP_-5	Polpa de formulação pêra:ananás (50:50), conservada a -5 °C
P_Ama._NP_-18	Polpa de formulação pêra:ananás (50:50), conservada a -18 °C
P_Ama._P_-5	Polpa de formulação pêra:ananás (50:50), submetida a tratamento térmico (90 °C/5 min), conservada a -5 °C
P_Ama._P_-18	Polpa de formulação pêra:ananás (50:50), submetida a tratamento térmico (90 °C/5 min), conservada a -18 °C
P_Verm._NP_-5	Polpa de formulação pêra:beterraba:morango (66:4:30), conservada a -5 °C
P_Verm._NP_-18	Polpa de formulação pêra:beterraba:morango (66:4:30), conservada a -18 °C
P_Verm._P_-5	Polpa de formulação pêra:beterraba:morango (66:4:30), submetida a tratamento térmico (90 °C/4 min), conservada a -5 °C
P_Verm._P_-18	Polpa de formulação pêra:beterraba:morango (66:4:30), submetida a tratamento térmico (90 °C/4 min), conservada a -18 °C

## 4.3 Resultados e Discussão

### 4.3.1 Avaliação do Efeito da Congelação na Qualidade das Polpas

A congelação de produtos hortofrutícolas é, por si só, responsável por alterações significativas nos parâmetros de qualidade, com claros benefícios na estabilidade e conservação dos produtos (Gonçalves, 2010). Assim, após a selecção das condições de pasteurização para ambas as polpas, pretendeu-se avaliar o efeito da congelação sobre a qualidade das mesmas. Nas tabelas 9 e 10 apresentam-se os valores médios ( $\pm$ DP) das polpas P\_Amarela e P\_Vermelha, respectivamente, para os diferentes parâmetros da qualidade avaliados.

Face aos resultados obtidos para a P\_Amarela (tabela 9), é possível verificar que a pasteurização realizada (90 °C/5 min) apresentou um efeito marginal ( $p>0.05$ ) sobre o pH (3.7 – 3.8 unidades de pH), TSS (12.3 – 12.7 °Brix) e CFT (111.9 – 119.9 mgEAC.100g<sup>-1</sup>). A congelação também não induziu alterações ( $p>0.05$ ) sobre o pH e TSS das P\_Amarelas. Verificou-se ainda que, após a congelação, as polpas pasteurizadas mantiveram o conteúdo fenólico total comparativamente às polpas não pasteurizadas ( $p>0.05$ ).

**Tabela 9** Valores médios ( $\pm$ DP) dos parâmetros de qualidade avaliados após processamento (dia 0) das polpas amarelas.

Tratamento térmico Condição	Não Pasteurizada		Pasteurizada	
	Controlo (polpa <i>in natura</i> )	Congelada	Fresca	Congelada
pH	3.7 <sup>a</sup> $\pm$ 0.0	3.8 <sup>b</sup> $\pm$ 0.0	3.8 <sup>a</sup> $\pm$ 0.0	3.8 <sup>a</sup> $\pm$ 0.1
TSS (°Brix)	12.3 <sup>c</sup> $\pm$ 0.4	13.2 <sup>e</sup> $\pm$ 0.4	12.7 <sup>d</sup> $\pm$ 0.4	13.2 <sup>e</sup> $\pm$ 0.4
POD (U/ml)	37.2 <sup>f</sup> $\pm$ 2.9	12.9 <sup>e</sup> $\pm$ 1.0	4.2 <sup>b</sup> $\pm$ 0.9	4.0 <sup>b</sup> $\pm$ 0.6
CFT (mgEAC.100g <sup>-1</sup> )	111.9 <sup>ab</sup> $\pm$ 7.1	98.1 <sup>a</sup> $\pm$ 6.2	119.9 <sup>b</sup> $\pm$ 10.7	126.4 <sup>b</sup> $\pm$ 17.0
L*	73.7 <sup>d</sup> $\pm$ 3.3	61.6 <sup>c</sup> $\pm$ 1.8	59.7 <sup>c</sup> $\pm$ 0.9	55.3 <sup>b</sup> $\pm$ 4.6
C*	28.9 <sup>c</sup> $\pm$ 0.6	26.7 <sup>bc</sup> $\pm$ 1.4	25.7 <sup>ab</sup> $\pm$ 1.1	23.8 <sup>a</sup> $\pm$ 3.1
°h	100.9 <sup>de</sup> $\pm$ 0.3	100.2 <sup>d</sup> $\pm$ 1.3	101.8 <sup>de</sup> $\pm$ 0.7	102.6 <sup>e</sup> $\pm$ 1.0
TCD	0.00 <sup>a</sup> $\pm$ 0.0	3.3 <sup>b</sup> $\pm$ 0.4	12.6 <sup>c</sup> $\pm$ 1.8	14.4 <sup>d</sup> $\pm$ 0.8
Microrganismos a 30 °C (Log.)	4.3 <sup>b</sup> $\pm$ 0.0	4.3 <sup>b</sup> $\pm$ 0.0	3.0 <sup>a</sup> $\pm$ 0.0	3.0 <sup>a</sup> $\pm$ 0.0

Na mesma linha, valores médios com letras diferentes representam diferenças significativas a  $p=0.05$  (teste Tukey).

Como expectável, a pasteurização foi responsável pela inibição significativa ( $p<0.05$ ) da actividade da enzima POD, em cerca de 89%. No entanto, realça-se que a congelação foi responsável pela inibição parcial da actividade da enzima POD, alcançando uma redução em cerca de 65% na situação da não-pasteurização, pelo que o seu efeito é marginal nas amostras pasteurizadas (<1%).

Da observação dos dados obtidos para os parâmetros avaliados na P\_Amarela referentes à cor (L\*, C\*, °h e TCD) (tabela 9), verifica-se que a pasteurização teve um efeito significativo ( $p<0.05$ ) em todos os parâmetros, à excepção do °h (tonalidade). Relativamente ao efeito da congelação, observa-se que ocorreram alterações significativas nos parâmetros L\* e TCD. De acordo com a classificação de *Darlange* (1994), as alterações de TCD da polpa amarela, em relação ao controlo (polpa *in natura*), foram classificadas num grau de diferenças de *Muito Distinta* na polpa congelada e de *Muito Grande* na pasteurizada.

Quanto à redução da carga microbiana inicial (4.3 ciclos Log), verifica-se que o efeito da aplicação de calor (amostras pasteurizadas) foi significativo ( $p<0.05$ ) e correspondeu a uma redução na ordem de 1 ciclo logarítmico. Na avaliação do efeito da congelação, foi possível constatar que esta não introduziu qualquer acréscimo na redução da carga alcançada pela pasteurização.

Relativamente aos resultados obtidos para a P\_Vermelha (tabela 10), verifica-se que a pasteurização realizada (90 °C/4 min) apresentou, tal como na P\_Amarela, um efeito não significativo ( $p>0.05$ ) sobre o pH (3.8 unidades de pH), TSS (10.7 – 10.6 °Brix) e CFT (188.0 – 205.0 mgEAC.100g<sup>-1</sup>).

Relativamente à actividade da enzima POD verificou-se, como esperado, a efectividade da pasteurização na inibição significativa da actividade da enzima, em cerca de 82% ( $p < 0.05$ ). Foi ainda possível constatar que a congelação foi também responsável pela inibição parcial da actividade desta enzima em cerca de 29% na situação da não-pasteurização, sendo o seu efeito marginal nas amostras pasteurizadas ( $\approx 3\%$ ).

Quanto aos parâmetros da cor analisados ( $L^*$ ,  $C^*$ ,  $^{\circ}h$  e TCD) para a P\_Vermelha, verifica-se que o efeito da pasteurização e da congelação são significativos para todos os parâmetros, à excepção do parâmetro  $L^*$ .

O efeito tanto da pasteurização como da congelação sobre a redução da carga microbiana inicial (3.6 ciclos Log), não apresentou significado estatístico ( $p > 0.05$ ), alcançando-se, no entanto, uma redução de cerca de 1 ciclo logarítmico.

**Tabela 10** Valores médios ( $\pm$ DP) dos parâmetros de qualidade avaliados após processamento (dia 0) das polpas vermelhas.

Tratamento térmico Condição	Não Pasteurizada		Pasteurizada	
	Controlo (polpa <i>in natura</i> )	Congelada	Fresca	Congelada
pH	3.8 <sup>b</sup> $\pm$ 0.0	3.8 <sup>b</sup> $\pm$ 0.0	3.8 <sup>b</sup> $\pm$ 0.1	3.8 <sup>b</sup> $\pm$ 0.0
TSS (°Brix)	10.7 <sup>b</sup> $\pm$ 0.0	10.2 <sup>a</sup> $\pm$ 0.3	10.6 <sup>b</sup> $\pm$ 0.0	9.9 <sup>a</sup> $\pm$ 0.1
POD (U/ml)	9.4 <sup>d</sup> $\pm$ 0.7	6.7 <sup>c</sup> $\pm$ 0.7	1.7 <sup>a</sup> $\pm$ 0.4	1.4 <sup>a</sup> $\pm$ 0.5
CFT (mgEAC.100g <sup>-1</sup> )	188.0 <sup>cd</sup> $\pm$ 19.9	185.3 <sup>c</sup> $\pm$ 21.3	205.0 <sup>d</sup> $\pm$ 16.8	183.3 <sup>c</sup> $\pm$ 12.1
$L^*$	28.6 <sup>a</sup> $\pm$ 2.7	28.7 <sup>a</sup> $\pm$ 3.0	29.4 <sup>a</sup> $\pm$ 1.9	30.4 <sup>a</sup> $\pm$ 1.5
$C^*$	41.1 <sup>f</sup> $\pm$ 3.7	35.0 <sup>d</sup> $\pm$ 5.2	38.2 <sup>e</sup> $\pm$ 4.0	32.5 <sup>d</sup> $\pm$ 1.4
$^{\circ}h$	17.8 <sup>c</sup> $\pm$ 2.1	14.4 <sup>b</sup> $\pm$ 3.7	13.1 <sup>b</sup> $\pm$ 2.4	10.4 <sup>a</sup> $\pm$ 1.9
TCD	0.0 <sup>a</sup> $\pm$ 0.0	3.4 <sup>b</sup> $\pm$ 3.5	8.5 <sup>d</sup> $\pm$ 3.1	6.2 <sup>c</sup> $\pm$ 1.6
Microrganismos a 30 °C( Log)	3.6 <sup>b</sup> $\pm$ 0.0	3.6 <sup>b</sup> $\pm$ 0.0	3.0 <sup>a</sup> $\pm$ 0.0	3.0 <sup>a</sup> $\pm$ 0.0

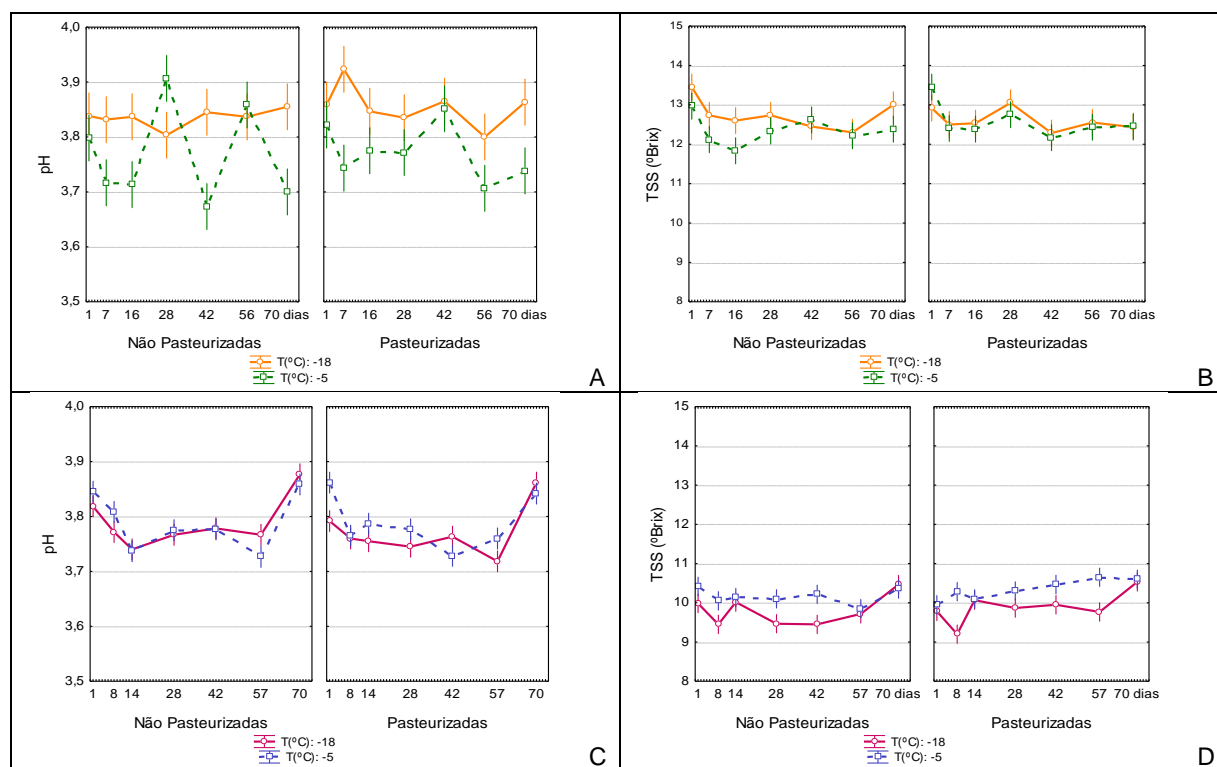
Na mesma linha, valores médios com letras diferentes representam diferenças significativas a  $p=0.05$  (teste Tukey).

### 4.3.2 Avaliação da Qualidade de Polpas Durante a Armazenagem em Congelação a Diferentes Condições de Temperatura

No anexo B e C, encontram-se os valores médios ( $\pm$ DP) dos parâmetros avaliados neste estudo, para a polpa amarela e vermelha respectivamente.

#### 4.3.2.1 pH e Teor de Sólidos Solúveis

Os resultados obtidos para os valores médios ( $\pm$ DP) de pH e teor de sólidos solúveis nas diferentes amostras durante o período de armazenagem para as duas condições de temperatura de congelação avaliadas, encontram-se representados na figura 13 para a P\_Amarela e para a P\_Vermelha.



**Figura 13** Gráfico representativo dos valores médios e desvios-padrão para os parâmetros pH e TSS para a polpa amarela (A e B) e para a polpa vermelha (C e D), respectivamente. Durante o período de armazenagem (70 dias).

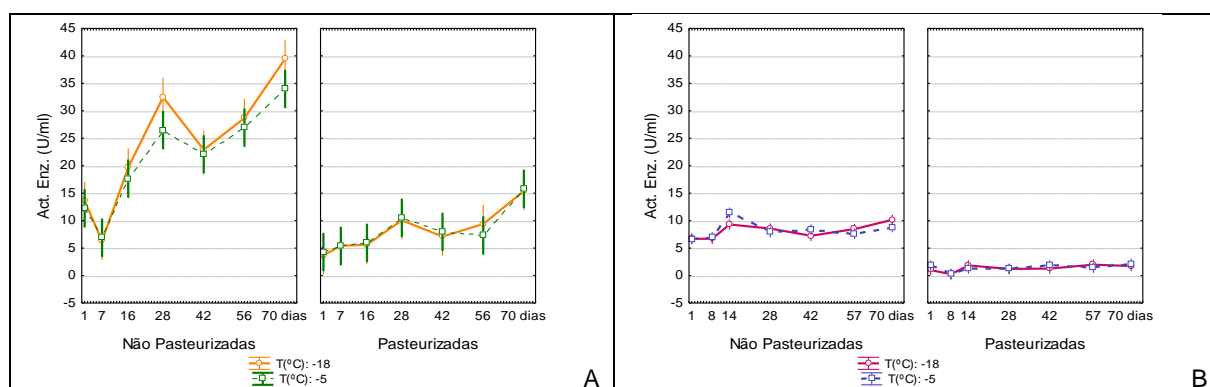
De acordo com as diferenças encontradas nestes parâmetros (pH e TSS), é possível constatar que não ocorreram variações significativas durante o período considerado, independentemente da condição de temperatura e tipo de polpas. Para ambas as polpas, as

variações de pH foram, no máximo, na ordem de 0.2 unidades de pH e para o TSS, na ordem de 1 °Brix.

#### 4.3.2.2 Actividade Enzimática da Peroxidase

De acordo com a figura 14 (A) verifica-se um crescimento significativo ( $p < 0.05$ ) da actividade da enzima POD na polpa amarela para as amostras não pasteurizadas (P\_Amarela\_NP) durante a armazenagem. Verifica-se ainda que este crescimento foi idêntico para ambas as temperaturas de conservação, pelo que se pode concluir que este factor não é determinante na actividade desta enzima.

As amostras P\_Amarela\_P, também registaram um aumento significativo ( $p < 0.05$ ) da actividade da enzima durante a armazenagem, para ambas as temperaturas de conservação ( $-5\text{ °C}$  e  $-18\text{ °C}$ ). Contudo, observou-se a eficiência da pasteurização no controlo da actividade da enzima POD na polpa, uma vez que o aumento desta, foi gradual e muito inferior ao observado para as amostras equivalentes não pasteurizadas. São exemplos o aumento da actividade enzimática da P\_Amarela\_NP a  $-18\text{ °C}$  que foi de 13.6 para 39.5 U/ml que foi muito superior ao verificado na P\_Amarela\_P que foi de 3.7 para 15.4 U/ml (anexo B, tabela B2).



**Figura 14** Gráfico representativo dos valores médios e desvios-padrão para a actividade enzimática da POD para a polpa amarela em A e para a polpa vermelha em B. Durante o período de armazenagem (70 dias).

No caso das polpas vermelhas, verifica-se que a actividade enzimática da enzima POD foi inferior à observada na polpa amarela, para ambas as condições de temperatura, independentemente de serem polpas tratadas ou não termicamente. As polpas vermelhas apresentam um comportamento idêntico à polpa amarela a  $-5\text{ °C}$  e a  $-18\text{ °C}$ , para ambas as condições de tratamento térmico.

Observa-se pela figura 14 (B) que as amostras não pasteurizadas (P\_Vermelha\_NP), registaram uma actividade superior à das amostras equivalentes pasteurizadas, pelo que o tratamento térmico foi eficaz na redução da actividade enzimática.

Apesar de terem sido registados aumentos da actividade da enzima nas polpas vermelhas, estes não foram significativos para as P\_Vermelhas\_P que registaram, durante a armazenagem a -18 °C, um aumento de 1.00 para 1.7 U/ml (anexo C, tabela C2).

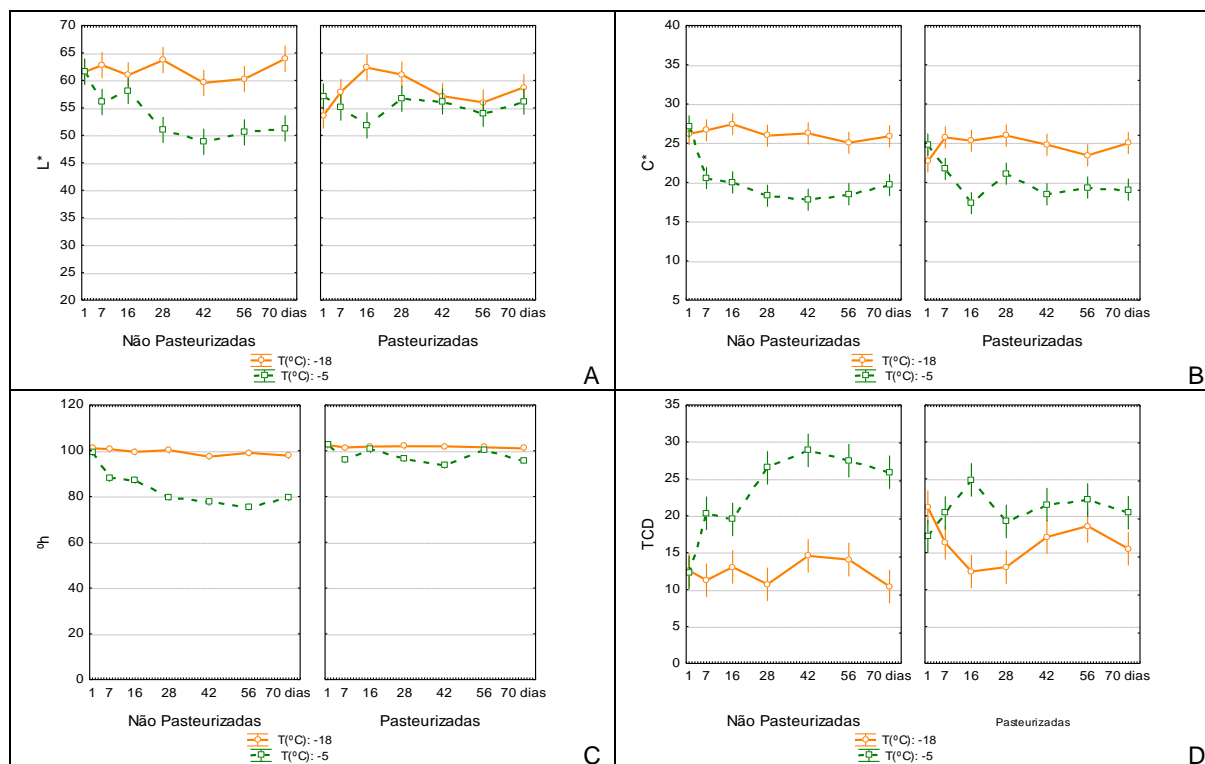
No geral, o tratamento térmico foi determinante no controlo da actividade da enzima POD sendo que, para este parâmetro de qualidade, a temperatura de conservação das polpas teve um efeito marginal durante a armazenagem, para ambos os tipos de polpa avaliados.

#### 4.3.2.3 Cor

Relativamente aos parâmetros de cor  $L^*$ ,  $C^*$ ,  $^{\circ}h$  das amostras P\_Amarela\_NP, apresentados na figura 15, foi possível verificar que estes foram afectados negativamente até ao 28º dia de armazenagem a -5 °C, (diminuição significativa), mantendo posteriormente os valores médios até ao final do período considerado ( $p>0.05$ ). Contudo, na armazenagem a -18 °C, foi possível constatar uma manutenção da cor inicial (parâmetros  $L^*$ ,  $C^*$ ,  $^{\circ}h$ ), indiciando desta forma que a temperatura de -18 °C é mais benéfica e necessária para a manutenção da qualidade das polpas amarelas não pasteurizadas. As amostras P\_Amarela\_P (figura 15) armazenadas a -5 °C mantiveram, durante todo o período considerado, os níveis iniciais dos parâmetros de cor  $L^*$  e  $^{\circ}h$ . O parâmetro  $C^*$  das amostras amarelas pasteurizadas registou alterações não significativas, sendo que a -5 °C diminuiu e a -18 °C aumentou.

Para o parâmetro TCD (figura 15, D), verificou-se que nas P\_Amarelas\_NP a temperatura de armazenagem foi fundamental para a manutenção da cor. Assim, as polpas conservadas a -18 °C, mantiveram os valores de TCD estáveis durante os 70 dias de armazenagem, onde as variações registadas não foram significativas ( $p>0.05$ ). O mesmo não foi verificado para as P\_Amarelas\_NP armazenadas a -5 °C, em que os valores médios de TCD aumentaram significativamente no período considerado (de 12.3 no dia 1 para 25.9 no dia 70,  $p<0.05$ ), resultando em variações de cor maiores no final da armazenagem.

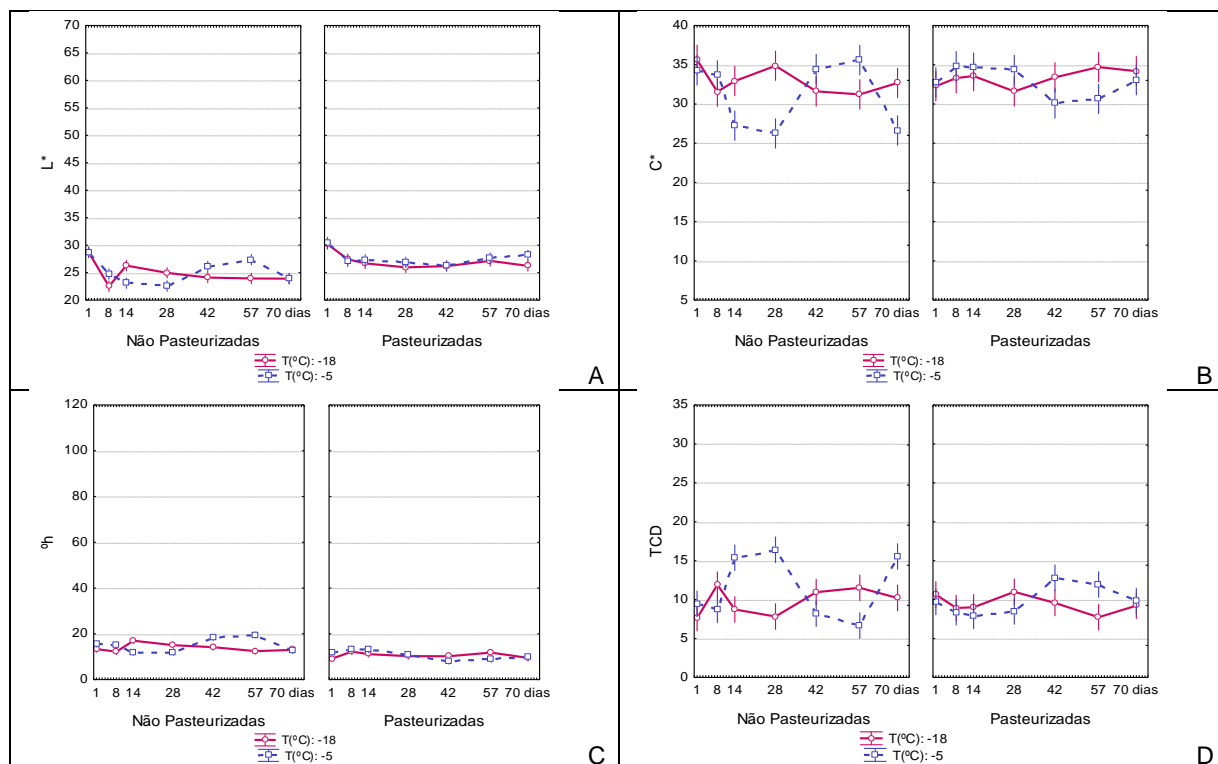




**Figura 15** Gráfico representativo dos valores médios e desvios-padrão para os parâmetros de cor  $L^*$ ,  $C^*$ ,  $^{\circ}h$  e TCD em A, B, C e D, respectivamente para a polpa amarela. Durante o período de armazenagem (70 dias).

Nas amostras P\_Amarelas\_P verificam-se pequenas oscilações ( $p > 0.05$ ) relativamente aos valores médios iniciais (dia 1) do parâmetro TCD. Durante o período considerado (70 dias de armazenagem) e à temperatura de conservação de -5 °C ocorreu um aumento ligeiro do valor de TCD (17.2 para 20.4, anexo B, tabela B1) e à temperatura de -18 °C uma diminuição ligeira (21.2 para 15.5, anexo B, tabela B2). Contudo, observa-se que as amostras conservadas a -18 °C apresentaram sempre valores de TCD inferiores, o que indica uma maior estabilidade a esta temperatura e logo menos alterações.

Assim, constata-se que as amostras não pasteurizadas de polpa amarela, necessitam de temperaturas baixas de armazenagem para se conservarem (minimizando alterações). Quanto às amostras pasteurizadas, estas não parecem estar tão dependentes da temperatura de conservação, sugerindo este facto que as alterações de cor nesta polpa são devidas à actividade enzimática.



**Figura 16** Gráfico representativo dos valores médios e desvios-padrão para os parâmetros de cor  $L^*$ ,  $C^*$ ,  $^{\circ}h$  e TCD em A, B, C e D, respectivamente para a polpa vermelha. Durante o período de armazenagem (70 dias).

Na polpa P\_Vermelha\_NP verifica-se que, por observação da figura 16 (A e C), na condição de conservação a  $-5^{\circ}\text{C}$  e  $-18^{\circ}\text{C}$ , os parâmetros  $L^*$  e  $^{\circ}h$  mantiveram estáveis os seus valores médios ao longo do período considerado (70 dias), sendo que à temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$  as polpas são mais estáveis. Apesar de existir uma tendência de diminuição para o parâmetro  $L^*$  (com significado estatístico) estas variações não foram no entanto percebidas sensorialmente. Observa-se ainda que os parâmetros referidos registam, no final da armazenagem e para a condição da não pasteurização, valores médios coincidentes para ambas as temperaturas de conservação, o que significa que a temperatura de conservação não influencia directamente a manutenção do parâmetro.

Para as mesmas condições (P\_Vermelha\_NP a  $-5^{\circ}\text{C}$  e  $-18^{\circ}\text{C}$ ) os parâmetros  $C^*$  e TCD, registaram oscilações significativas ( $p < 0.05$ ) durante a armazenagem (figura 16, B e D).

Na condição de conservação a  $-5^{\circ}\text{C}$  os valores médios de  $C^*$  mostraram uma tendência de diminuição e os de TCD uma tendência para aumentar. À temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ , foi verificado que o parâmetro  $C^*$ , embora com oscilações, variou entre 35.6 para 32.7, apresentando uma tendência de estabilização com o tempo decorrido na armazenagem. O

parâmetro TCD verificou um aumento sem significado ( $p>0.05$ ) a variar entre 7.6 para 10.2, correspondendo ao mesmo grau de diferenças na escala de *Drlange* (1994) (tabela 4).

As amostras pasteurizadas, P\_Vermelha\_P, armazenadas tanto a  $-5^{\circ}\text{C}$  como a  $-18^{\circ}\text{C}$ , apresentam um comportamento idêntico para os parâmetros  $L^*$ ,  $C^*$  e  $^{\circ}\text{h}$  e TCD (figura 16). Pelo que se pode afirmar que não existem alterações significativas ( $p>0.05$ ) entre os valores médios destes parâmetros, que se mantêm estáveis durante a armazenagem a ambas as temperaturas. À excepção do parâmetro  $L^*$  nas polpas armazenadas a  $-18^{\circ}\text{C}$ , apresenta uma tendência de diminuição (escurecimento), com significado estatístico, cuja variação não é percebida sensorialmente.

Assim, a pasteurização demonstra ser, uma vez mais, efectiva na manutenção da cor, independentemente da temperatura de conservação.

Constatou-se ainda que as amostras de polpa vermelha apresentaram maior estabilidade nos parâmetros de cor durante o período de armazenagem que as amostras de polpa amarela, o que vem reforçar a menor actividade enzimática (cf. 4.3.2.2) na polpa vermelha.

#### 4.3.2.4 Compostos Fenólicos Totais

Independentemente da temperatura de conservação, a evolução do conteúdo em compostos fenólicos totais para a P\_Amarela (figura 17, A) foi semelhante durante a armazenagem do produto, verificando-se na generalidade a manutenção destes teores. A P\_Amarela\_P revela uma tendência de decréscimo do CFT durante a armazenagem a  $-5^{\circ}\text{C}$  com uma variação dos valores médios de 125 para  $86\text{ mgEAC}\cdot 100\text{g}^{-1}$  (anexo B, tabela B1). No dia 56 ocorre um aumento significativo dos CFT sem razão aparente para todas as condições, à excepção da polpa amarela não pasteurizada conservada a  $-5^{\circ}\text{C}$ .

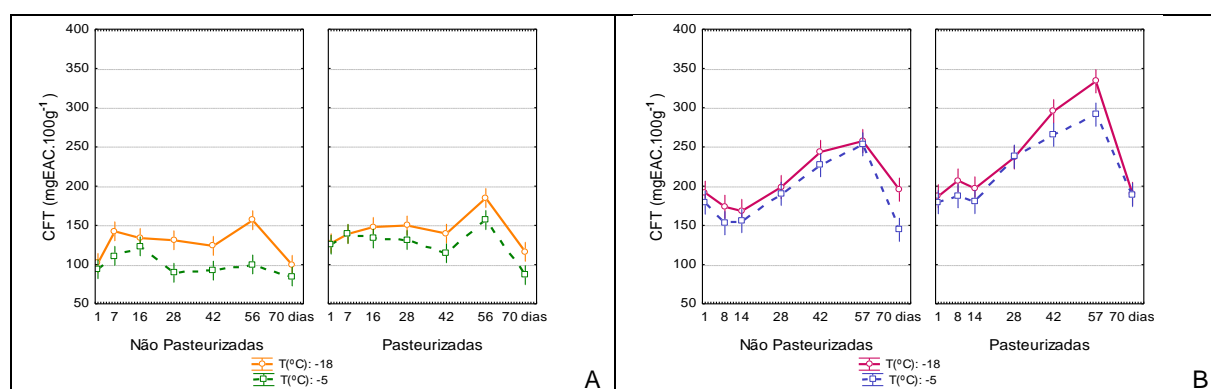
As polpas vermelhas (figura 17, B) apresentam um comportamento estável para ambas as temperaturas nas amostras pasteurizadas e não pasteurizadas, sendo que o CFT para as polpas conservadas a  $-5^{\circ}\text{C}$  é sempre inferior ao das polpas conservadas a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

A tendência geral é a de subida dos teores fenólicos durante a armazenagem até ao dia 57, em que ocorre uma diminuição do CFT na polpa vermelha para todas as condições, esta diminuição não possui uma razão aparente para suceder. Como referido a tendência seria de crescimento uma vez que as amostras de polpa resultam de produtos hortofrutícolas triturados, que por estarem nesta forma têm as suas estruturas celulares destruídas tornando mais disponíveis os compostos fenólicos para serem medidos.

Contudo, nota-se que apesar da tendência de descida do conteúdo fenólico nas polpas vermelhas, os valores médios obtidos para todas as condições, foram sempre superiores aos registados no 1º dia de armazenagem, pelo que não houve perdas. Embora não tenha sido significativo ( $p>0.05$ ), a excepção foi polpa vermelha não pasteurizada conservada -5 °C cuja evolução foi de 179 para 144 mgEAC.100g<sup>-1</sup> (anexo C, tabela C1), pelo que se pode assumir a manutenção dos teores durante a armazenagem.

Desta forma, verifica-se que no geral, o CFT apresenta um comportamento bastante estável que não parece ser muito influenciável pelo processo de pasteurização, apesar de as polpas vermelhas pasteurizadas apresentarem teores fenólicos superiores às amostras equivalentes não pasteurizadas. Observa-se ainda que apesar das amostras conservadas a -18 °C, apresentarem sempre CFT superiores, a temperatura de conservação não parece favorecer estes teores.

A polpa vermelha apresenta um conteúdo fenólico total superior ao verificado para a polpa amarela, relação que se mantém durante todo o período de armazenagem considerado, facto que já tinha sido verificado no capítulo referente ao estudo das cinéticas de estabilização das polpas (*cf* 3.).



**Figura 17** Gráfico representativo dos valores médios e desvios-padrão para o conteúdo fenólico total das polpas amarela e vermelha, em A e B respectivamente. Durante o período de armazenagem (70 dias).

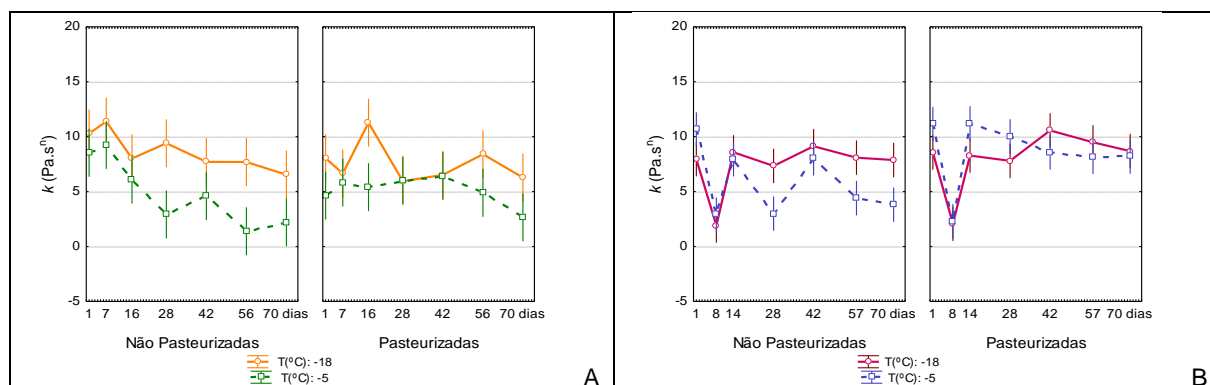
#### 4.3.2.5 Índice de Escoamento e Índice de Consistência

Da análise dos valores médios observados para o índice de escoamento ( $n$ ) das polpas P\_Amarela e P\_Vermelha, verificou-se que este parâmetro não foi afectado significativamente pelas variáveis independentes em estudo (pasteurização e congelação), ao longo de todo o período de armazenagem considerado (anexo B e C). Contudo a

avaliação deste parâmetro permitiu verificar que ambas as polpas se comportam como um fluido não *newtoniano*, reofluidificante ( $n < 1$ ).

Quanto ao parâmetro índice de consistência ( $k$ ) das polpas amarelas (figura 18, A), verifica-se que as P\_Amarelas\_NP conservadas a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  apresentam um decréscimo significativo de  $k$  durante a armazenagem. Este comportamento poderá ser explicado pela actuação de enzimas pectinases sobre as paredes celulares, originando perda estrutura, durante o período considerado, uma vez que estas enzimas estão mais disponíveis a uma condição de temperatura superior ( $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). O mesmo efeito não foi tão evidente nas P\_Amarelas\_NP a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , para esta condição de temperatura poderá haver uma menor actividade das enzimas, resultando numa perda de consistência não significativa ( $p > 0.05$ ) durante a armazenagem.

Nas polpas amarelas pasteurizadas, o efeito da perda de consistência é marginal, pelo que os valores obtidos na medição deste parâmetro não apresentam diferenças significativas, em ambas as condições de temperatura, durante a armazenagem. Nas P\_Amarelas\_P, o tratamento térmico foi fundamental para a inibição das enzimas pectinases, (poligalacturonase e pectina metilesterase), evitando desta forma a perda de consistência por destruição das estruturas celulares durante o período considerado.



**Figura 18** Gráfico representativo dos valores médios e desvios-padrão para o índice de consistência ( $k$ ) das polpas amarela e vermelha, em A e B respectivamente. Durante o período de armazenagem (70 dias).

O índice  $k$  das P\_Vermelhas\_NP conservadas a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , exibe um comportamento idêntico ao da P\_Amarela durante a armazenagem, demonstrando uma tendência de decréscimo da consistência destas polpas (figura 18, B). Para as mesmas amostras (não pasteurizadas) e à temperatura de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a temperatura de conservação demonstrou ser importante para a manutenção da estabilidade das estruturas celulares, não se verificando perda de

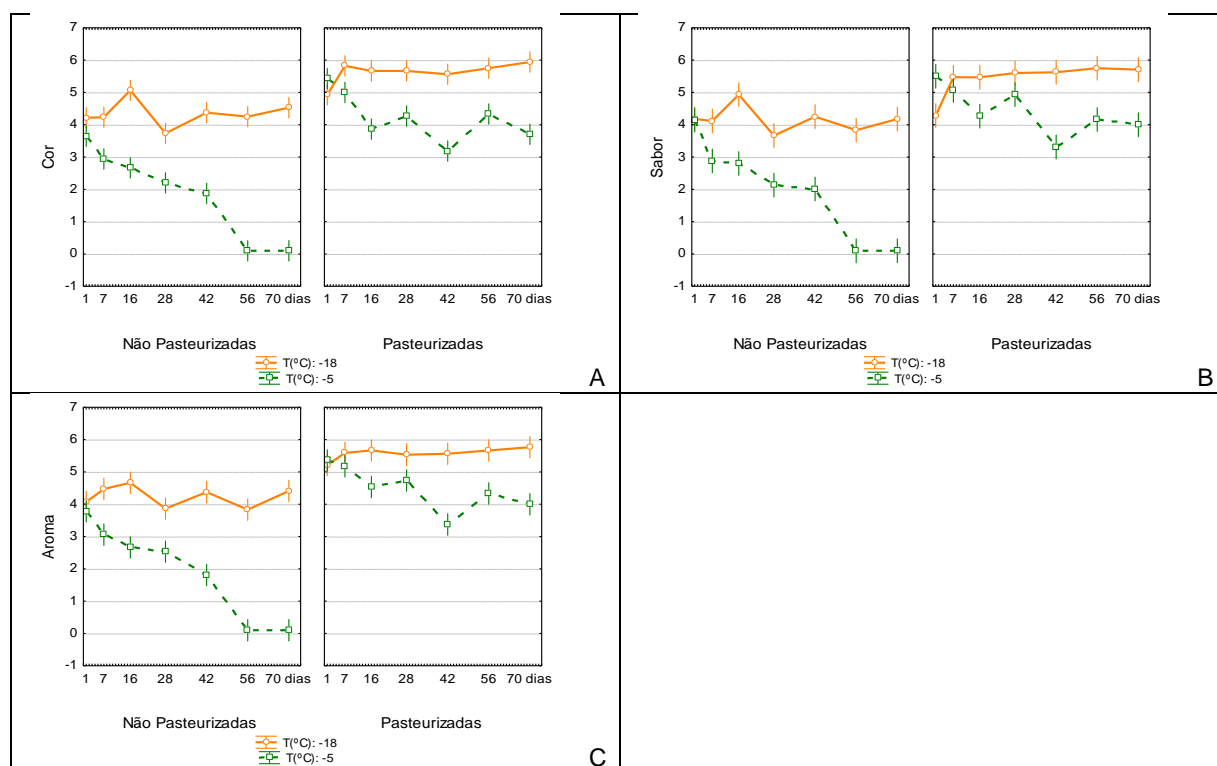
consistência durante a armazenagem. Assinala-se apenas uma oscilação significativa sem razão aparente no dia 8, com recuperação e manutenção até ao fim da armazenagem.

Na condição da pasteurização, as P\_Vermelhas\_P apresentam um comportamento estável, com uma perda de consistência marginal ( $p>0.05$ ) durante a armazenagem, para ambas as condições de temperatura de armazenagem( -5 °C e -18 °C).

Assim, uma vez mais, é possível concluir que o tratamento térmico é fundamental para a inibição de enzimas responsáveis pela destruição das paredes celulares, permitindo desta forma a manutenção da consistência das polpas. Por observação conjunta dos dados obtidos, é verificado um comportamento similar nas P\_Vermelhas\_P e P\_Vermelhas\_NP no dia 8 de armazenagem, isto é, uma diminuição significativa e sem razão aparente

#### 4.3.2.6 Análise Sensorial

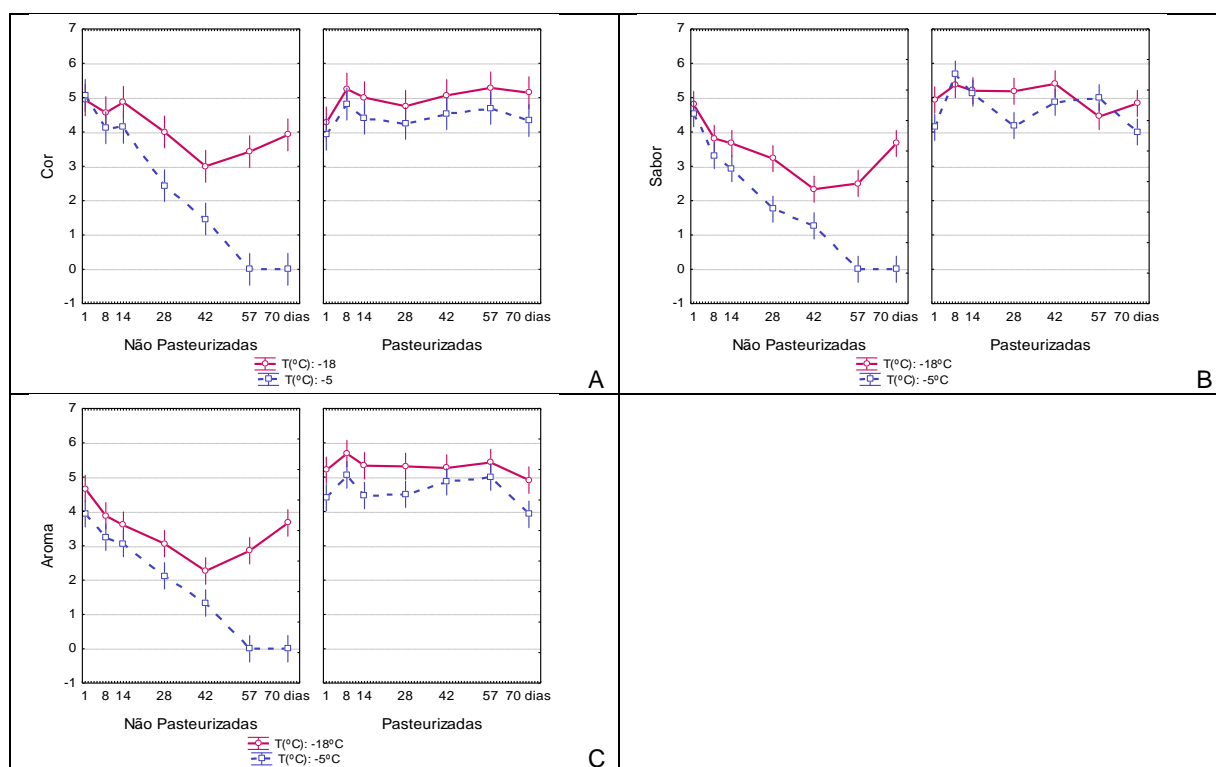
Através da análise dos dados obtidos nas provas sensoriais verifica-se uma uniformidade de opiniões entre os provadores, que demonstraram distinguir as amostras pasteurizadas e não pasteurizadas e também amostras conservadas a diferentes condições de temperatura. Nas figuras 19 e 20 encontra-se representada a evolução dos parâmetros avaliados (cor, sabor e aroma) para a polpa amarela (anexo B, tabela B3) e polpa vermelha (anexo C, tabela C3).



**Figura 19** Gráfico representativo dos valores médios e desvios-padrão para os atributos sensoriais cor (A), sabor (B) e aroma (C) para a polpa amarela, durante o período de armazenagem (70 dias).

Relativamente aos atributos cor, sabor e aroma avaliados, as amostras apresentaram comportamentos semelhantes. Nas amostras P\_Amarelas\_NP, ocorreu uma diminuição significativa ( $p < 0.05$ ) da aceitabilidade dos atributos sensoriais à temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$  até ao nível da rejeição, nos últimos dias de armazenagem. A temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$  foi suficiente para manter constante o nível de aceitabilidade das polpas amarelas não pasteurizadas, para todos os parâmetros.

As amostras P\_Amarelas\_P apresentam também comportamentos semelhantes para os atributos sensoriais avaliados (cor, sabor e aroma). Por observação da figura 19, nota-se que o efeito do tratamento térmico permitiu aumentar o nível de aceitabilidade das polpas durante a armazenagem. Inclusivamente, no caso das amostras conservadas a  $-5^{\circ}\text{C}$ , que mantiveram um nível de aceitabilidade estável durante o período de armazenagem considerado e sempre superior ao verificado nas amostras não pasteurizadas. À temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ , as amostras pasteurizadas foram aquelas que sensorialmente apresentaram níveis de aceitabilidade superiores em todos os atributos avaliados, com um aumento significativo do 1º dia para o 7º dia de armazenagem e manutenção da aceitação até ao final do período considerado.



**Figura 20** Gráfico representativo dos valores médios e desvios-padrão para os atributos sensoriais cor (A), sabor (B) e aroma (C) para a polpa vermelha, durante o período de armazenagem (70 dias).

Nas polpas vermelhas (figura 20), encontra-se novamente uma uniformidade de resultados entre os diversos atributos avaliados (cor, sabor e aroma). Nestas polpas os provadores distinguiram uma vez mais as amostras pasteurizadas das não pasteurizadas, bem como as diferentes condições de temperatura de conservação (principalmente nas amostras não pasteurizadas).

Por observação dos gráficos apresentados na figura 20 verifica-se, à semelhança das P\_Amarelas, um comportamento idêntico nos diferentes atributos avaliados. Assim, as P\_Vermelhas\_NP conservadas a -5 °C mostraram-se mais instáveis, ocorrendo um decréscimo significativo ( $p < 0.05$ ) durante o período de armazenagem, chegando a atingir níveis de rejeição pelos provadores a partir do dia 57. As polpas vermelhas não pasteurizadas conservadas a -18 °C verificam um decréscimo significativo de dia 14 para dia 42, seguido de um aumento gradual de aceitabilidade, até níveis próximos dos iniciais no restante período de armazenagem.

No caso das amostras pasteurizadas e por observação dos gráficos apresentados, é constatado uma vez mais o efeito benéfico da pasteurização. Nesta situação, as P\_Vermelhas nunca atingem níveis de rejeição durante o período considerado. As variações que ocorrem durante a armazenagem das P\_Vermelhas\_P, independentemente da temperatura de conservação e para todos os atributos avaliados, não foram significativas. À semelhança das P\_Amarelas\_P, o nível de aceitabilidade dos atributos avaliados nas amostras conservadas a -18 °C foi, na generalidade, sempre superior àqueles obtidos na condição de conservação a -5 °C

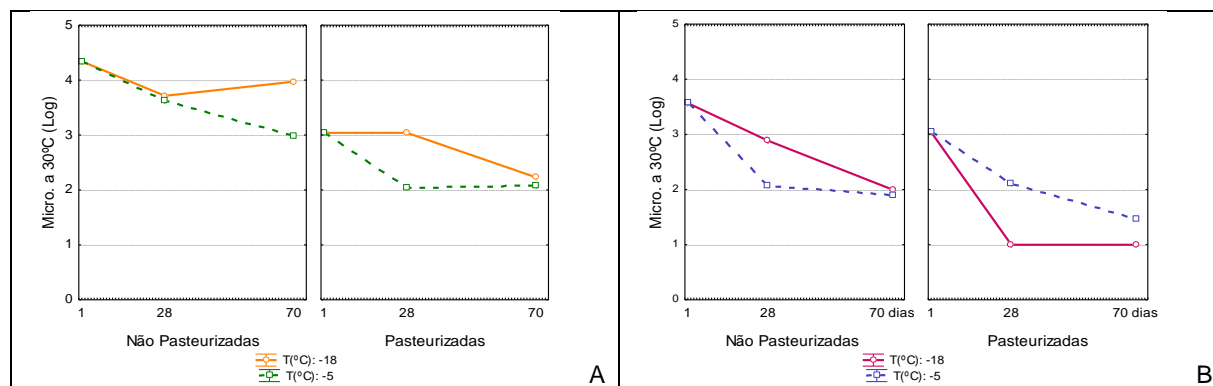
Face aos resultados obtidos, é possível verificar que, para ambas as polpas, os provadores classificam as polpas pasteurizadas conservadas a -18 °C como aquelas que apresentam maior qualidade sensorial.

#### **4.3.2.7 Microrganismos Aeróbios a 30 °C**

As contagens de microrganismos aeróbios a 30 °C foram realizadas nos dias 1, 28 e 70 de armazenagem para ambas as condições de temperatura de conservação. A carga microbiana inicial nas amostras P\_Amarelas foi de 3 e 4.3 ciclos Log nas amostras pasteurizadas e não pasteurizadas, respectivamente. No caso das P\_Vermelhas, a contaminação inicial nas amostras pasteurizadas foi de 3 ciclos Log e de 3.5 ciclos Log nas não pasteurizadas.



Nas amostras P\_Amarelas\_NP, constatou-se que o efeito da congelação e subsequente armazenagem a  $-5^{\circ}\text{C}$  foi o de redução da carga inicial ( $p<0.05$ ), em cerca de 1.5 ciclos Log. No entanto, este efeito não foi verificado para a temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ , em que a redução alcançada não chegou a atingir 1 ciclo Log.



**Figura 21** Gráficos representativos dos valores médios e desvios-padrão das contagens de microrganismos a  $30^{\circ}\text{C}$ , nos dias 1, 28 e 70 da armazenagem das polpas amarela (A) e vermelha (B).

De acordo com os resultados obtidos e representados na figura 21 (A) verifica-se a elevada efectividade das condições de pasteurização para a redução da carga inicial e respectivo controlo do desenvolvimento microbiológico. Por comparação das amostras equivalentes não pasteurizadas e pasteurizadas da polpa amarela, verifica-se que, independentemente da temperatura de conservação, a pasteurização permitiu reduzir a carga microbiana inicial em 1.5 ciclos Log. O efeito da congelação e conservação às temperaturas estudadas de  $-5^{\circ}\text{C}$  e  $-18^{\circ}\text{C}$  incrementaram o nível de redução da carga inicial em mais 1 ciclo Log.

No entanto observou-se que a redução microbiológica foi superior e mais rápida nas amostras conservadas à temperatura de armazenagem de  $-5^{\circ}\text{C}$ , sendo que ao fim do 28º dia de armazenagem as P\_Amarelas\_P já tinham reduzido 1 ciclo Log. As amostras de polpa amarela pasteurizadas e armazenadas a  $-18^{\circ}\text{C}$  mantiveram a carga microbiológica estável até ao dia 28, obtendo apenas a redução de cerca de 1 ciclo no final do período de armazenagem estimado.

Nas polpas vermelhas (figura 21, B) não pasteurizadas (P\_Vermelha\_NP) à temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$ , a redução microbiana alcançada foi na ordem de 1.5 ciclos Log ( $p<0.05$ ) e atingida ao 28º dia de armazenagem.

Quando comparadas as polpas vermelhas pasteurizadas e não pasteurizadas, verifica-se que as reduções da carga microbiana inicial alcançadas pela pasteurização (nas

P\_Vermelhas\_P) foram cerca de 2 e de 2.5 ciclos Log, à temperatura de -5 °C e de -18 °C, respectivamente.

Seria de esperar que as amostras conservadas a uma temperatura inferior (-18 °C) apresentassem reduções microbianas superiores. Contudo, isto não foi verificado nas amostras P\_Amarelas tratadas e não tratadas termicamente e nas P\_Vermelhas não tratadas. De acordo com bibliografia, tal pode ser explicado pelo facto de que à medida que a temperatura de armazenagem baixa (por exemplo de -7 °C para -29 °C, tabela 11), a percentagem de células injuriadas aumenta numa relação inversa com o número de células bacterianas mortas (que diminui). Assim, a temperaturas inferiores (-18 °C), as células são mantidas num estado não letal continuando com capacidade de se reproduzir. Enquanto, a temperaturas superiores (-5 °C) a morte extensiva leva a que existam menos células viáveis, sendo portanto mais drásticas as reduções microbianas (Straka, 1959; Fellows, 2000).

As amostras de P\_Vermelha\_P mostraram um comportamento diferente no que diz respeito à eficácia da redução microbiana a temperaturas superiores de congelação (-5 °C), não explicáveis pelo acima referenciado.

**Tabela 11** Influência da temperatura e tempo de armazenagem em congelação em *Pseudomonas fluorescens*. Adaptado de Straka (1959).

Temperatura (°C)	Tempo de Armazenagem (Dias)	% População Inicial*		
		Injuriadas	Mortas	Viáveis
-7	1	25	51	24
	7	17	82	1
	15	1.9	98	0.1
-18	1	41	51	8
	7	34	63	3
	15	12.8	87	0.2
-29	1	35	48	17
	7	39	54	7
	15	36	59	5

\*Congelado em 0.5% de extracto de carne

## 4.4 Conclusões Intercalares

Nas amostras de polpas amarelas e vermelhas não pasteurizadas, a temperatura de conservação sob condições de congelação demonstra ter, para a maioria dos parâmetros estudados, um papel fundamental na manutenção dos mesmos. Sendo observadas, tal como espectável, menos alterações à temperatura mais baixa de conservação (-18 °C).

Quando as amostras são sujeitas a tratamento térmico, a temperatura de conservação passa a ter um efeito menos relevante para a maioria dos parâmetros. Contudo, no fim do período de armazenagem, podemos afirmar que as amostras (pasteurizadas ou não) conservadas a -18 °C, possuem uma qualidade global superior às conservadas a -5 °C.

As amostras de polpa vermelha apresentaram maior estabilidade nos parâmetros de cor, comparativamente às amostras amarelas, durante o período de armazenagem considerado. Esta evidência poderá ser justificada pelo facto de a actividade da enzima POD ser inferior nestas amostras.

De notar ainda que, comparativamente às amostras de polpa amarela, todas as polpas vermelhas analisadas apresentaram um conteúdo em compostos fenólicos superior. Sendo ainda possível afirmar que este conteúdo fenólico foi bastante estável durante a armazenagem, nas condições de temperaturas testadas e para ambas as formulações de polpa.

Da análise sensorial realizada pelos 15 provadores, verificou-se uma uniformidade de opiniões entre os mesmos, que distinguiram as amostras pasteurizadas e não pasteurizadas e também as amostras conservadas a diferentes condições de temperatura. Preferindo ainda as amostras pasteurizadas e conservadas a -18 °C, em todos os atributos sensoriais avaliados (cor, sabor e aroma), encontrando-se desta forma com as conclusões obtidas das análises físico-químicas realizadas.

Relativamente aos resultados das análises microbiológicas das polpas congeladas, é possível afirmar que os microrganismos têm uma reduzida resistência às temperaturas de armazenagem em congelação. No entanto, pode-se concluir que a congelação, *per si*, não pode ser utilizada como uma estratégia para garantir a segurança microbiológica das polpas, sendo aconselhável minimizar a contaminação da matéria-prima e utilizar um tratamento térmico adequado para este tipo de produto.

## Conclusões Gerais

---

Um dos principais objectivos deste trabalho foi o de estabelecer condições optimizadas de pasteurização que não só permitissem a estabilização dos parâmetros de qualidade de duas formulações de polpas (P\_amarela: pêra e ananás; e P\_Vermelha: pêra, morango, beterraba e sumo de limão) durante a armazenagem em congelação, como também possibilitassem a minimização das perdas de qualidade destes produtos relativamente às polpas *in natura* que lhes deram origem. O objectivo proposto foi conseguido.

Os binómios tempo/temperatura aplicados às polpas amarela (90 °C/5 min) e vermelha (90 °C/4 min) permitiram, em relação às polpas *in natura*, prolongar o seu período de vida útil, quer pela diminuição da carga microbiana em cerca de 1 ciclo logarítmico, quer pela inibição enzimática (POD) superior a 80 % em ambas as polpas. Nestas condições de tratamento térmico, os parâmetros de cor, conteúdo fenólico total assim como os atributos sensoriais (cor aroma e sabor) não sofreram alterações significativas.

Os modelos matemáticos que descreveram a inactivação da enzima peroxidase, as alterações dos parâmetros de cor °h e TCD, bem como as alterações sensoriais promovidas pelos tratamentos térmicos foram identificados. A adequação dos modelos cinéticos aos dados experimentais permite prever alterações de qualidades nas polpas de hortofrutícolas.

A congelação demonstrou também ter influência positiva na manutenção das características das polpas de hortofrutícolas. Em relação à polpa *in natura*, a conservação das polpas por redução da temperatura permitiu obter uma diminuição microbiana na mesma ordem de grandeza que a pasteurização (1 ciclo Log), contudo não se mostrou tão eficaz, *per si*, na redução da actividade da enzima peroxidase. A congelação demonstra também ter efeitos negativos ao nível da conservação dos parâmetros da cor. Nos ensaios de armazenagem, de entre as duas temperaturas de conservação estudadas (-5 °C vs. -18 °C), a temperatura de inferior demonstrou ser mais eficiente na manutenção dos parâmetros de qualidade estudados.

Quando utilizadas em simultâneo, a pasteurização seguida de congelação, evidenciou efeitos sinérgicos na conservação das polpas. A utilização destes dois métodos de conservação permite aplicar tratamentos de calor mais brandos, minimizando os seus efeitos nas características físico-químicas, nutricionais e sensoriais das polpas, sem contudo haver prejuízo do tempo de prateleira destes produtos.

As polpas amarelas e vermelhas, pasteurizadas e congeladas a -18 °C, apresentaram assim uma grande estabilidade durante os 70 dias de armazenagem, e foram as que registaram o menor número de alterações em relação à polpa *in natura*.

As polpas demonstraram ainda ter, entre os provadores, uma elevada aceitabilidade sensorial para os três parâmetros considerados (cor, sabor e aroma) durante o período de armazenagem considerado. As polpas amarelas foram as preferidas dos provadores com cerca de 6 níveis de aceitabilidade em comparação com a polpa vermelha com cerca de 5 níveis de aceitabilidade, no final do período de armazenagem considerado.

Como comentário geral do trabalho e atendendo aos resultados obtidos, é possível referir que as metodologias aqui apresentadas, mostram uma certa relevância para a optimização de processos de produção de polpas de hortofrutícolas congeladas e como tal uma orientação para as indústrias do sector, constituindo uma nova solução para os constantes desafios colocados ao controlo de qualidade e de produção de novos produtos derivados de hortofrutícolas.

## **Referências Bibliográficas**

---

Abreu, M., Alegria, C., Gonçalves, E. M., Pinheiro, J., Moldão-Martins, M., & Empis, J. (2011). Modeling of Preheat Treatment Optimization Applied To Fresh-Cut “Rocha” Pear. *Journal of Food Quality*. 34(5), pp. 315-326.

Abreu, M., Beirão-da-Costa, S., Gonçalves, E.M., Beirão-da-Costa, M.L., & Moldão-Martins M. (2003). Use of mild heat pre-treatments for quality retention of fresh-cut ‘Rocha’ pear. *Postharvest Biology and Technology*. 30, pp. 153-160.

Afonso, M., Fonseca, I., Vieira, M.M.C., Silva, C.L.M., Venâncio, A. (1998). Determinação de Propriedades Térmicas de Frutos Tropicais: Polpa e Néctar de Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e de Açaí (*Euterpe oleracea*). Universidade do Minho. Departamento de Engenharia Biológica. pp.1

Alegria, C.S.M. (2007). Processos de Descontaminação Alternativos em Cenoura Minimamente Processada: Natureza dos Tratamentos e Local de Aplicação. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Ciências e Engenharia dos Alimentos. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. pp.119.

Almeida, D. (2005). Manuseamento de Produtos Hortofrutícolas. SPI - Sociedade Portuguesa de Inovação. 1ª Edição. Porto. pp 112.

Allothman, M., Bhat, R., Karim, A.A. (2009). Effects of radiation processing on phytochemicals and antioxidants in plant produce: a review. *Trends in Food Science & Technology*. 20, pp. 201-210.

Anthon, G. E., Sekine, Y., Watanabe, N., Barrett, D. M. (2002). Thermal Inactivation of Pectin Methylesterase, Polygalacturonase, and Peroxidase in Tomato Juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50, pp. 6153-6159.

Avila, I.M.L.B., Silva C.L.M. (1999). Modelling kinetics of thermal degradation of colour in peach puree. *Universidade Católica Portuguesa, Escola Superior de Biotecnologia*. pp. 6.

Bastos, C. T. R. M., Ladeira, T. M. S., Rogez, H., Pena, R. S. (2008). Estudo da Eficiência da Pasteurização da Polpa de Taperebá (*Spondias Mombin*). *Alimentos e Nutrição. Brazilian Journal of Food and Nutrition*. Araraquara. 19 (2), pp. 123-131.

Bifani, V.; Inostroza, J.; Cabezas, M.J.; Ihl, M. (2002). Determinación de parámetros cinéticos de peroxidasa y clorofila a en judías verdes (*Phaseolus vulgaris* cv. Win) y estabilidad del producto congelado. *Revista Afinidad de Enero – Tomo LIX.*, 497, pp. 57-64 ISI.

Brunni, M. A.; Durigan, J. F.; Oliveira, A. L. (2002). Avaliação das Alterações em Polpas de Manga ‘Tommy-Atkins’ Congeladas. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, 24 (3), pp. 651-653.

Bueno, S. M., Lopes, M. R. V., Graciano, R. A. S., Fernandes, E. C. B., Garcia-Cruz, C. H. (2002). Avaliação da Qualidade de Polpas de Frutas Congeladas. *Revista Instituto Adolfo Lutz*. 62 (2), pp. 121-126.

Campos, L.S. (2005). Entender a Bioquímica. 4ª Edição. Escolar editora. Lisboa. pp. 683.



Chisari, M., Barbagallo, R. N., Spagna, G. (2007). Characterization of Polyphenol Oxidase and Peroxidase and Influence on Browning of Cold Stored Strawberry Fruit. Dipartimento di OrtoFloroArboricoltura e Tecnologie Agroalimentari, Santa Sofia. pp. 8.

Cozzolino, S., Angelis, R. C. (2004). Fitoquímicos – Protectores e Preventivos de Doenças Degenerativas. Compostos Bioativos e Antioxidantes nos Alimentos. Obtido em Agosto 2012, de Nutrição em Pauta: [http://www.nutricaoempauta.com.br/lista\\_artigo.php?cod=8](http://www.nutricaoempauta.com.br/lista_artigo.php?cod=8).

Dafne (s/d). “Produtos de Colorimetria - fundamentos”. Obtido em Junho de 2012: <http://www.dafne.pt/produtos/colorimetria/fundamentos.html>.

Decreto Lei 230/2003 de 27 de Setembro. Doces e geleias de frutos, citrinadas e creme de castanha destinados à alimentação humana. (Diário da República I Série A, de 27 de Setembro de 2003). pp. 6323-6327.

Denny, A., Bruttriss, J. (2007). Plant Foods and Health: Focus on Plant Bioactives. Synthesis Report No 4. British Nutrition Foundation. pp. 64

Dias, R. A. V. (2011). Sumos de Frutas Naturais. Características Físico-químicas e Sensoriais. Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Alimentar. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. pp. 58.

Diplock, A. T. (1994). Antioxidants and disease prevention. Molecular Aspects of Medicine. 15, pp. 293-376.

Drlange. (1994). Colour review. Drlange Application Report No. 8.0e.USA

EN – ISO 6865 de 2000. Animal Feeding Stuffs - Determination Of Crude Fibre Content - Method With Intermediate Filtration.

Evangelista, J. (1994) Alimentos: um estudo abrangente. Editora Atheneu. São Paulo. pp. 466. Cit in: Dal Ri, E.S. (2006). Avaliação do Processo Produtivo e da Qualidade de Polpas de Frutas Comercializadas em Boa Vista. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Recursos Naturais – Bioprospecção. Universidade Federal de Roraima. Boa Vista. pp. 166

Evans, J. A. (2008). Frozen Food Science and Technology. Blackwel Publishing. pp.365.

Faraoni, A. S. (2006). Efeito do Tratamento Térmico, do Congelamento e da Embalagem Sobre o Armazenamento da Polpa de Manga Orgânica (*Mangifera indica* L). Dissertação para obtenção do grau de mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais. pp. 117.

Faraoni, A. S., Ramos, A. M., Stringheta, P. C., Laureano, J. (2008). Efeito dos Métodos de Conservação, Tipos de Embalagem e Tempo de Estocagem na Coloração de Polpa de Manga “Ubá” Produzida em Sistema Orgânico. Revista Ceres. 55 (6), pp. 504-511.

Fellows, P. J.(2000). Food Processing Technology – Principles and Practice. Second edition. Woodhead Publishing Limited. Cambridge. pp. 593.

Fernandes, D. M. (2009). Impacto de Processos Físicos na Componente Bioactiva e na Estabilidade de Polpas de Pêra. Dissertação para a obtenção de grau de mestre em Engenharia Alimentar – Qualidade e Segurança Alimentar. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. pp. 100.

Freire, M. T. A., Petrus, R. R., Freire, C. A. F., Oliveira, C. A. F., Felipe, A. M. P. F., Gatti, J. B. (2009). Caracterização Físico-química, Microbiológica e Sensorial de Polpa de Cupuaçu Congelada (*Theobroma grandiflorum* Schum). Brazilian Journal of Food Technology. 12 (1), pp. 9-16.

Freitas, A.C., Figueiredo, P. (2000). Conservação de Alimentos. Livro de apoio à cadeira de Conservação de Alimentos da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa. pp. 203.

Ganjloo, A., Rahman, R.A., Bakar, J., Osman, A., Bimakr, M. (2009). Modelling the Kinetics of Peroxidase Inactivation and Colour Changes of Seedless Guava (*Psidium guajava* L.) During Thermal Treatments. World Applied Sciences Journal. 7 (1), pp. 105-112.

Gonçalves, B. (2011). Avaliação da Qualidade Microbiológica de Polpas de Frutas. Dissertação para obtenção de grau de licenciado em Tecnologia em Alimentos. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Rio Grande do Sul. pp. 47.

Gonçalves, E. e Abreu, M. (2011). 1º Relatório de projecto. Convit 09 - Estudos Preliminares. Instituto Nacional de Recursos Biológicos, Lisboa - Portugal.

Gonçalves, E. M. N. L. (2010). Generation of Experimental Data for Quality Changes Kinetics in Frozen Vegetables: Assessement of Blanching Influencing Factors and Isothermal and Non – Isothermal Frozen Storage Conditions. Thesis for attain the degree of Ph.D. in Biotechnology with specialization in Science and Food Engineering. Universidade Católica Portuguesa. Porto. pp 268.

Gonçalves, E. M., Pinheiro, J., Abreu, M., Brandão, T. R. S., Silva, C. L. M. (2007). Modelling the kinetics of peroxidase inactivation, colour and texture changes of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) during blanching. Journal of Food Engeneering. 8 (4), pp. 693-701.

Hagenmaier, R.D., Baker, R.A. (1998). Microbial population of shredded carrot in modified atmosphere packaging as related to irradiation treatment. Journal of Food Science, 63 (1), pp 162-164.

Halliwell, B. (1996). Vitamin C: antioxidant or pro-oxidant *in vivo*? Free Radical Research. 25, pp. 439-454.

Han, X., Shen, T., Lou, H. (2007). Dietary Polyphenols and Their Biological Significance. International Journal of Molecular Sciences. 8, pp. 950-988.

Hassimotto, N. M. A., Genovese, M. I. G. Lajolo, F. M. (2009). Antioxidant capacity of Brazilian fruit, vegetables and commercially-frozen fruit pulps. Journal of Food Composition and Analysis. 22, pp. 394-396.

Instrução Normativa nº1 de 7 de Janeiro de 2000. Regulamento Técnico Geral para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Polpa de Fruta (7 de Janeiro de 2000). Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Brasil. pp. 21.

- Jacques, A. C., Pertuzatti, P. B., Barcia, M. T., Zambiasi, R. C., Chim, J. F. (2010). Estabilidade de Compostos Bioativos em Polpa Congelada de Amora-Preta (*Rubus Fruticosus*). Química Nova. Sociedade Brasileira de Química. Pelotas. 33 (8), pp. 1720-1725.
- Joralles, R. P., Vendruscolo, J. L. S. (2007). Processamento do Purê e Nectar de Pêssego. Comunicado Técnico 159. Embrapa. 1ª Edição., pp. 2.
- Jorge, N., Ângelo, P. M. P. (2006). Compostos Fenólicos em Alimentos: revisão. Revista Instituto Adolfo Lutz. 66 (1), pp. 232-240.
- Karel, M., Lund, D.B. (2003) Physical Principles of Food Preservation – Second Edition. Revised and Expanded. Marcel Dekker, Inc. Nova York. pp. 639.
- Kjersti, A., Mazur, S., Nes, A., Skrede, G. (2012). Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. Food Chemistry. 132(1), pp. 86–97.
- Kortbech-Olesen, R. (1997). World trade in processed tropical fruits. United Nations Conference on Trade And Development. pp. 11.
- Kujala, T.S., Vienola, S.M., Karel, D.K., Loponen, J. M., Pihlaja, K. (2002). Betalain and phenolic compositions of four beetroot (*Beta vulgaris*) cultivars. *European Food Research and Technology*, 214 (6), pp.505-510.
- Lavarda, L. (2011). Determinação da Cinética de Degradação Térmica da Vitamina C em Polpa de Acerola Via Aquecimento Ôhmico. Trabalho de diplomação em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. pp. 44.
- Lima, R.M.T. (2010) Avaliação da Estabilidade Química, Físico-química e Microbiológica de Polpas de Acerola Orgânica Pasteurizada e Não-Pasteurizada. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. pp. 94.
- Lozano, J. E.; Ibarz, A. (1997) Colour changes in concentrated fruit pulp during heating at high temperatures. *Journal of Food Engineering*. 31 (3), pp. 365-373.
- Matta, V., Junior, M., Cabral, L., Furtado, A. (2005). Polpa de Fruta Congelada. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. pp. 35.
- Melo, E. A., Maciel, M. I. S., Lima, V. L. A. G. (2008). Capacidade Antioxidante de Frutas. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 44 (2), pp. 193-201.
- Melo, E. A., Maciel, M. I. S., Lima, V. L. A. G., Araújo, C. R. (2008). Teor de Fenólicos Totais e Capacidade Antioxidante de Polpas Congeladas de Frutas. *Alimentos e Nutrição. Brazilian Journal of Food and Nutrition*. Araraquara. 19 (1), pp. 67-72.
- Moldão-Martins, M. e Empis, J. (2000). Processamentos Mínimos. SPI - Sociedade Portuguesa de Inovação. pp.98.

Molina, E. G., Perles, R. D., Viguera, C. G. (2010). Natural bioactive compounds of Citrus limon for food and health: a review. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 51, pp. 327-345.

Monteiro, M., Amaro, A. P., Bonilha, P. R. M. (2005). Avaliação Físico-química e Microbiológica da Polpa de Maracujá Processada e Armazenada Sob Refrigeração. *Alimentos e Nutrição. Brazilian Journal of Food and Nutrition*. Araraquara. 16(1), pp. 71-76.

Norma EN ISO 4833: 2003. "Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of microorganisms - Colony-count technique at 30°C".

Norma ISO 8586-1: 1993. Sensory analysis – General guidance for the selection, training and monitoring of assessors. Part1: selected assessors.

NP (Norma Portuguesa) 1419 de 1987. Frutos, produtos hortícolas e seus derivados. Determinação de açúcares totais, dos açúcares redutores e dos açúcares não redutores (sacarose). Técnica de Munson e Walker. Método de referência.

NP (Norma Portuguesa) 1612 de 2006. Carnes, derivados e produtos cárneos. Determinação do teor de azoto total. Método de referência.

NP (Norma Portuguesa) 1613 de 1979. Carnes, derivados e produtos cárneos. Determinação de matéria gorda total. Método de referência.

NP (Norma Portuguesa) 1614 de 2009. Carnes, derivados e produtos cárneos. Determinação do teor de humidade. Método de referência.

NP (Norma Portuguesa) 1615 de 2002. Carnes, derivados e produtos cárneos. Determinação da cinza total. Método de referência.

Pelais, A.C.A., Rogez, H. e Pena, R.S. (2008). Estudo da Pasteurização da Polpa de Muruci. *Alimentos e Nutrição. Araraquara*. 19 (1), pp. 17-24.

Pereira, S. P., Rousseau, J. A. (2002). Manual de Estudos de Mercado e Consumidores. O Comportamento dos Consumidores e a Qualidade dos Hortofrutícolas. Sociedade Portuguesa de Inovação. Obtido em Setembro de 2012, de Manual de Estudos de Mercado e Consumidores: <http://www2.spi.pt/documents/books/hortofruticolas/Wcb4c7a38d00ad.asp>.

Pinheiro, M.J.C. (2003). Abóbora congelada: estudo do efeito de diferentes condições do processo de congelação nas propriedades físico-químicas e nutricionais da abóbora. Trabalho de fim de curso para obtenção do grau de licenciatura. Escola Superior Agrária de Santarém. Santarém. pp. 160.

Pinto, P. M. Z., Morais, A. M. M. B. (2000). Boas Práticas para a Conservação de Produtos Hortofrutícolas. Serviços de Edição ESB/UCP. 1ª Edição. Associação para a Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica. Porto. pp 33.

Ramos, P. N., Ferreira, Ferreira, D. N., Silva, V. P., Silveira, E. O., Brito, G. A. P., Cabral, T. M. A., Nascimento, G. J. (2007). Qualidade Higiênico-sanitária de 10 Amostras de Polpa de Açaí Congelada Fabricada Por Uma Indústria do Município de João Pessoa. Centro de Tecnologia / Departamento de Tecnologia de Química e de Alimentos. XI Encontro de Iniciação à docência. pp 6.

Resolução - CNNPA nº12, de 1978. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (24 de Julho de 1978). *Polpas de Fruta*. Brasil. pp. 75.

Rhim, J. W., Nunes, R. V., Jones, V. A., Swartzel, K. R. (1989). Kinetics of color change of grape juice generated using linearly increasing temperatures. *Journal of Food Science*. 54, 776-777.

Rizvi, A.F., Tong, CH. (1997). Fractional conversion for determining texture degradation kinetics of vegetables . *Journal of Food Science*. 62(1), pp. 1-7.

Rocha, M. S. (2011). Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante (In Vitro) em Frutos do Cerrado Piauiense. Dissertação para obtenção de grau de mestre em Alimentos e Nutrição. Universidade Federal Piauí-UFPI. Teresina. pp. 94.

Santos, C. A. A., Coelho, A.F.S, Carreiro, S.C. (2005). Avaliação microbiológica de polpas de frutas congeladas. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*. Campinas. 28(4), pp. 913-915.

Santos, M. D. (2006). Tratamentos de Branqueamento por Termo-sonificação. Avaliação do Efeito na Qualidade de Hortícolas Congelados. Dissertação para a obtenção do grau de licenciado em Engenharia Alimentar – Qualidade Alimentar. Escola Superior Agrária de Santarém. Santarém. pp. 140.

Silva, F. M., Morais, A. M. M. B. (2000). Boas Práticas Pós-Colheita para Frutos Frescos. Serviços de Edição ESB/UCP. 1ª Edição. Associação para a Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica. Porto. pp 29.

Silva, F. V. M., Gibbs, P. A. (2012). Thermal Pasteurization Requirements for the Inactivation Of Salmonella In Foods. *Food Research International*. 45, pp. 695–699.

Silva, G. S., Assis, M. B., Barbosa, W. L. R. (2001). Investigação Fitoquímica e Microbiológica da Espécie Ananas Erectifolius (curauá). *Revista Científica da UFPA*. 1ª Edição. pp. 5.

Simões, J.R.F. (2010). Efeito da Aplicação de Pré-tratamentos Físicos na Qualidade de Cenoura Minimamente Processada. Dissertação para a obtenção de grau de mestre em Engenharia Alimentar – Tecnologia de Produtos Vegetais. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. pp. 61.

Soares, S. E. (2002). Ácidos Fenólicos Como Antioxidantes: revisão. *Revista de Nutrição*. Brazilian Journal of Nutrition. Faculdade de Ciências da Saúde. Marília. 15 (1), pp. 71 – 81.

Souza, D. (2008). Estudo das Propriedades Físicas de Polpas e Néctares de Pequenos Frutos. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. pp. 191.

Stahl, W., Sies, H. (2005). Bioactivity and protective effects of natural carotenoids: a review. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1740, pp 101-107.

StatSoft, Inc. (2007). Software Statistica™, versão 8.0.

Stoneham, T. R., Lund, D. B., Tong, C. H. (2000). The use of fractional conversion technique to investigate the effects of testing parameters on texture degradation kinetics. *Journal of Food Science*. 65 (6), pp. 968-973.

Straka, R. P., Stokes, J. L. (1959). Metabolic injury to bacteria at low temperatures. *Journal of Bacteriology*. 78(2), pp. 181-185.

Swain, T. e Hillis, W.E. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica* 1. The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10, pp.63-68.

Terefe, N. S., Yang, Y. H., Knoerzer, K., Buckow, R., Versteeg, C. (2010). High pressure and thermal inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase in strawberry puree. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 11, pp. 52-60.

The World Health Report 2002. Reducing risks, promoting healthy life. Geneva, World Health Organization.

Tokuşoğlu, Ö. (2011). *Fruit and Cereals Bioactives*. Taylor and Francis Group, LLC. New York. pp. 472.

Tomás-Barberán, F. A., Espín, J.C. (2001) Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 81, pp. 853-876.

Trindade, R. C., Resende, M. A., Silva, C. M., Rosa, C. A. (2002). Yeasts Associated with Fresh and Frozen Pulps of Brazilian Tropical Fruits. *Systematic and Applied Microbiology*. Belo Horizonte. pp. 7.

Valderrama, P., Marangoni, F., Clemente, E. (2001). Efeito do Tratamento Térmico Sobre a Actividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO) em Maçã (*Mallus comunis*). *Ciência e Tecnologia Alimentar*. Campinas. 21 (3), pp. 321-325.

Vámos-Vigyázó, L. Polyphenoloxidase and peroxidase in fruits and vegetable. *CRC Criticals Reviews in Food Science and Nutrition*, Cleveland. 15, pp. 49-127.

Vittl, M. C. D.; Kluge, R.A.; Yamamoto, L.K.; Jacomino, A.P. (2003). Comportamento de Beterrabas Minimamente Processadas em Diferentes Espessuras de Corte. *Horticultura Brasileira*. Brasília. 21(4), pp. 623-626.

Volp, A. C. P., Renhe, I. R. T., Stringueta, P. C. (2009). Pigmentos Naturais Bioativos. *Alimentos e Nutrição*. Brazilian Journal of Food and Nutricion. Araraquara. 20(1), pp. 157-166.

Vu, T. S., Smout, D. N., Sila, D. N., LyNguyen, B., Van Loey, A. M. L., Hendrick, M. E. G. (2004). Effect of preheating on thermal degradation kinetics of carrots texture. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 5, pp. 37-44.

Zanatta, C. L., Zotarelli, M. F., Clemente, E. (2006). Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO) em Polpa de Goiaba (*psidium guajava r.*).*Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Campinas. 26 (3), pp. 705-708.

Zardo, D. M. (2007). Avaliação do Teor de Compostos Fenólicos e Atividade Antioxidante em Maçãs e Seus Produtos. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa. pp. 59.

Zou, H., Meng, G., Wei, R., Zhang, Y., Chen, Y., Jia, L. (2012). Biochemical properties of oxidases of Yali pear. African Journal of Biotechnology. 11 (53), pp. 11610-11619.

## Anexos

---

- AnexoA** Folha de prova e tabelas referentes ao estudo das cinéticas térmicas
- AnexoB** Folha de prova para a polpa amarela e vermelha utilizada nos ensaios de armazenagem. Tabelas referentes ao estudo de avaliação da qualidade da polpa amarela durante a armazenagem em congelação a diferentes temperaturas
- AnexoC** Tabelas referentes ao estudo de avaliação da qualidade para a polpa vermelha durante a armazenagem em congelação a diferentes temperaturas



## Anexo A Folha de Prova e Tabelas Referentes ao Estudo das Cinéticas Térmicas

### Folha de análise sensorial das polpas de hortofrutícolas nos ensaios das cinéticas térmicas de pasteurização

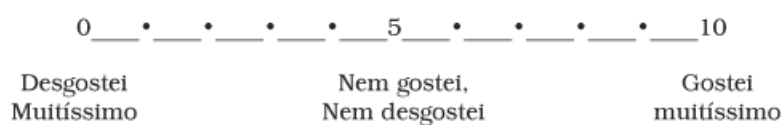
Nome: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

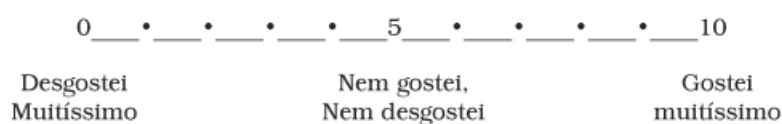
---

Está a receber amostras de polpa de hortofrutícolas. Por favor, avalie e marque com um “X” nas escalas abaixo o lugar (inclusive entre os pontos) que melhor represente o quanto você gostou ou desgostou dos parâmetros da polpa.

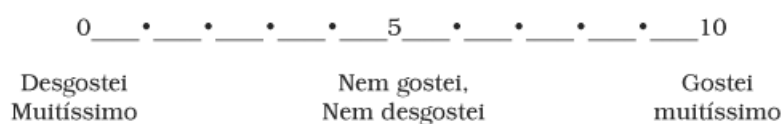
Cor



Aroma



Sabor



Obrigado.

**Tabela A1** Valores médios ( $\pm$ DP) dos parâmetros de qualidade avaliados nas **polpas amarelas** para os ensaios cinéticos.

T(°C)	t(min.)	pH	TSS	CFT (mgEAC.100g <sup>-1</sup> )	POD (U/ml)	L*	a*	b*	C*	°h	TCD
<i>in natura</i>	-	4.0 $\pm$ 0.01	13.4 $\pm$ 0.12	116.3 $\pm$ 5.6	18.1 $\pm$ 1.5	67.1 $\pm$ 0.7	-5.2 $\pm$ 0.1	27.2 $\pm$ 0.6	27.7 $\pm$ 0.6	100.8 $\pm$ 0.1	0.0 $\pm$ 0.0
	5	4.0 $\pm$ 0.01	12.8 $\pm$ 0.17	124.0 $\pm$ 7.6	10.2 $\pm$ 0.7	62.9 $\pm$ 1.7	-4.8 $\pm$ 0.4	22.1 $\pm$ 1.3	22.6 $\pm$ 1.4	102.2 $\pm$ 0.3	6.8 $\pm$ 1.2
	10	3.9 $\pm$ 0.01	13.4 $\pm$ 0.12	139.6 $\pm$ 11.6	6.1 $\pm$ 0.4	63.5 $\pm$ 4.1	-4.2 $\pm$ 0.4	21.5 $\pm$ 1.8	21.9 $\pm$ 1.8	101.1 $\pm$ 1.1	7.8 $\pm$ 1.7
	15	4.0 $\pm$ 0.01	13.0 $\pm$ 0.06	125.9 $\pm$ 12.2	7.8 $\pm$ 0.5	57.6 $\pm$ 2.8	-2.5 $\pm$ 0.2	21.7 $\pm$ 1.0	21.8 $\pm$ 1.0	96.7 $\pm$ 0.4	11.4 $\pm$ 2.0
	20	4.0 $\pm$ 0.00	13.2 $\pm$ 0.12	125.2 $\pm$ 8.5	1.6 $\pm$ 0.1	50.3 $\pm$ 1.1	-0.6 $\pm$ 0.3	17.2 $\pm$ 1.1	17.2 $\pm$ 1.1	91.1 $\pm$ 0.8	20.0 $\pm$ 1.2
	25	4.0 $\pm$ 0.02	13.1 $\pm$ 0.06	124.0 $\pm$ 18.8	1.0 $\pm$ 0.0	50.2 $\pm$ 1.4	1.1 $\pm$ 0.3	19.5 $\pm$ 1.0	19.6 $\pm$ 1.0	86.8 $\pm$ 0.9	19.5 $\pm$ 1.4
80	2.5	3.9 $\pm$ 0.02	13.0 $\pm$ 0.25	130.9 $\pm$ 9.8	11.9 $\pm$ 0.9	58.9 $\pm$ 1.3	-4.9 $\pm$ 0.2	24.5 $\pm$ 1.3	24.9 $\pm$ 1.3	101.4 $\pm$ 0.3	8.7 $\pm$ 1.5
	5	3.9 $\pm$ 0.01	13.0 $\pm$ 0.06	142.4 $\pm$ 11.7	7.1 $\pm$ 0.4	55.7 $\pm$ 1.2	-4.5 $\pm$ 0.2	24.7 $\pm$ 0.7	25.1 $\pm$ 0.7	100.3 $\pm$ 0.4	11.7 $\pm$ 1.3
	10	3.9 $\pm$ 0.02	13.2 $\pm$ 0.23	148.3 $\pm$ 9.9	6.0 $\pm$ 0.1	59.7 $\pm$ 0.5	-4.6 $\pm$ 0.1	24.3 $\pm$ 0.4	24.7 $\pm$ 0.4	100.6 $\pm$ 0.2	8.0 $\pm$ 0.4
	15	4.1 $\pm$ 0.02	13.6 $\pm$ 0.12	143.9 $\pm$ 4.6	2.7 $\pm$ 0.2	51.2 $\pm$ 1.9	-2.4 $\pm$ 0.2	14.8 $\pm$ 1.0	15.0 $\pm$ 1.0	99.2 $\pm$ 1.1	20.3 $\pm$ 1.2
	20	4.1 $\pm$ 0.01	13.5 $\pm$ 0.29	123.9 $\pm$ 14.0	1.0 $\pm$ 0.1	53.0 $\pm$ 2.6	-1.3 $\pm$ 0.4	22.2 $\pm$ 1.3	22.3 $\pm$ 1.3	93.4 $\pm$ 0.8	15.4 $\pm$ 2.8
85	1	4.1 $\pm$ 0.01	13.8 $\pm$ 0.06	122.8 $\pm$ 8.1	14.1 $\pm$ 1.0	63.6 $\pm$ 0.9	-4.8 $\pm$ 0.1	26.5 $\pm$ 1.0	26.9 $\pm$ 1.0	100.2 $\pm$ 0.2	3.7 $\pm$ 0.8
	2.5	4.0 $\pm$ 0.00	13.1 $\pm$ 0.06	110.5 $\pm$ 10.9	10.0 $\pm$ 0.5	54.8 $\pm$ 2.3	-3.9 $\pm$ 1.0	23.8 $\pm$ 2.5	24.1 $\pm$ 2.6	99.2 $\pm$ 1.6	12.9 $\pm$ 3.0
	5	4.0 $\pm$ 0.01	13.0 $\pm$ 0.00	120.2 $\pm$ 10.0	5.6 $\pm$ 0.1	52.1 $\pm$ 1.8	-3.4 $\pm$ 0.4	20.9 $\pm$ 1.7	21.2 $\pm$ 1.7	99.2 $\pm$ 0.7	16.3 $\pm$ 2.2
	10	3.9 $\pm$ 0.01	13.0 $\pm$ 0.12	104.9 $\pm$ 16.8	2.4 $\pm$ 0.1	56.2 $\pm$ 2.2	-3.06 $\pm$ 0.2	22.9 $\pm$ 0.4	23.1 $\pm$ 0.4	97.6 $\pm$ 0.5	11.9 $\pm$ 2.1
	15	4.0 $\pm$ 0.01	12.5 $\pm$ 0.17	107.6 $\pm$ 26.4	0.2 $\pm$ 0.0	53.4 $\pm$ 3.7	-2.23 $\pm$ 0.2	19.4 $\pm$ 1.0	19.5 $\pm$ 1.0	96.6 $\pm$ 0.5	16.0 $\pm$ 3.6
90	0.5	4.0 $\pm$ 0.01	13.3 $\pm$ 0.12	132.6 $\pm$ 16.5	14.9 $\pm$ 0.5	64.7 $\pm$ 1.9	-5.59 $\pm$ 0.1	27.8 $\pm$ 0.9	28.4 $\pm$ 0.9	101.4 $\pm$ 0.5	3.0 $\pm$ 1.0
	1	4.0 $\pm$ 0.01	13.4 $\pm$ 0.10	133.3 $\pm$ 16.1	14.1 $\pm$ 0	59.8 $\pm$ 1.3	-5.25 $\pm$ 0.2	25.8 $\pm$ 1.0	26.3 $\pm$ 1.0	101.5 $\pm$ 0.3	7.4 $\pm$ 1.3
	2.5	3.9 $\pm$ 0.01	13.6 $\pm$ 0.32	144.1 $\pm$ 4.9	9.5 $\pm$ 0.6	51.3 $\pm$ 0.9	-3.64 $\pm$ 0.8	22.6 $\pm$ 1.1	22.9 $\pm$ 1.1	99.1 $\pm$ 1.9	16.5 $\pm$ 1.1
	5	3.9 $\pm$ 0.01	13.3 $\pm$ 0.15	141.5 $\pm$ 5.3	4.2 $\pm$ 0	53.2 $\pm$ 1.5	-4.48 $\pm$ 0.1	23.7 $\pm$ 1.2	24.1 $\pm$ 1.2	100.7 $\pm$ 0.2	14.4 $\pm$ 1.7
	10	4.0 $\pm$ 0	13.4 $\pm$ 0.06	142.5 $\pm$ 22.6	0.0 $\pm$ 0	54.1 $\pm$ 2.7	-4.05 $\pm$ 0.3	22.5 $\pm$ 1.1	22.8 $\pm$ 1.1	100.2 $\pm$ 0.6	13.8 $\pm$ 2.9
98	0.5	4.0 $\pm$ 0.01	13.3 $\pm$ 0.12	132.6 $\pm$ 16.5	14.9 $\pm$ 0.5	64.7 $\pm$ 1.9	-5.59 $\pm$ 0.1	27.8 $\pm$ 0.9	28.4 $\pm$ 0.9	101.4 $\pm$ 0.5	3.0 $\pm$ 1.0
	1	4.0 $\pm$ 0.01	13.4 $\pm$ 0.10	133.3 $\pm$ 16.1	14.1 $\pm$ 0	59.8 $\pm$ 1.3	-5.25 $\pm$ 0.2	25.8 $\pm$ 1.0	26.3 $\pm$ 1.0	101.5 $\pm$ 0.3	7.4 $\pm$ 1.3
	2.5	3.9 $\pm$ 0.01	13.6 $\pm$ 0.32	144.1 $\pm$ 4.9	9.5 $\pm$ 0.6	51.3 $\pm$ 0.9	-3.64 $\pm$ 0.8	22.6 $\pm$ 1.1	22.9 $\pm$ 1.1	99.1 $\pm$ 1.9	16.5 $\pm$ 1.1
	5	3.9 $\pm$ 0.01	13.3 $\pm$ 0.15	141.5 $\pm$ 5.3	4.2 $\pm$ 0	53.2 $\pm$ 1.5	-4.48 $\pm$ 0.1	23.7 $\pm$ 1.2	24.1 $\pm$ 1.2	100.7 $\pm$ 0.2	14.4 $\pm$ 1.7
	10	4.0 $\pm$ 0	13.4 $\pm$ 0.06	142.5 $\pm$ 22.6	0.0 $\pm$ 0	54.1 $\pm$ 2.7	-4.05 $\pm$ 0.3	22.5 $\pm$ 1.1	22.8 $\pm$ 1.1	100.2 $\pm$ 0.6	13.8 $\pm$ 2.9

**Tabela A2** Valores médios ( $\pm$ DP) dos parâmetros de qualidade avaliados nas **polpas vermelhas** para os ensaios cinéticos.

T(°C)	t(min.)	pH	TSS	CFT (mgEAC.100g <sup>-1</sup> )	POD (U/ml)	L*	a*	b*	C*	°h	TCD
<i>in natura</i>	-	3.84 $\pm$ 0.00	10.4 $\pm$ 0.2	225.1 $\pm$ 4.9	7.6 $\pm$ 0.7	29.3 $\pm$ 1.5	30.4 $\pm$ 1.1	6.4 $\pm$ 0.5	31.1 $\pm$ 1.1	11.8 $\pm$ 0.5	0.0 $\pm$ 0.0
<b>80</b>	<b>5</b>	3.8 $\pm$ 0.01	10.8 $\pm$ 0.3	236.9 $\pm$ 13.1	2.5 $\pm$ 0.9	28.9 $\pm$ 0.6	29.3 $\pm$ 1.6	6.0 $\pm$ 1.4	29.9 $\pm$ 1.9	11.4 $\pm$ 2.0	2.3 $\pm$ 0.5
	<b>10</b>	3.8 $\pm$ 0.01	10.8 $\pm$ 0.0	230.8 $\pm$ 2.0	0.8 $\pm$ 0.2	30.3 $\pm$ 0.2	27.4 $\pm$ 1.0	5.2 $\pm$ 0.6	27.9 $\pm$ 1.0	10.7 $\pm$ 0.8	3.4 $\pm$ 1.0
	<b>15</b>	3.8 $\pm$ 0.01	10.9 $\pm$ 0.2	230.6 $\pm$ 11.9	0.0 $\pm$ 0.0	31.8 $\pm$ 0.6	28.7 $\pm$ 1.1	7.8 $\pm$ 0.9	29.7 $\pm$ 1.3	15.1 $\pm$ 1.0	3.6 $\pm$ 0.3
	<b>20</b>	3.9 $\pm$ 0.01	10.7 $\pm$ 0.1	233.2 $\pm$ 17.8	0.0 $\pm$ 0.0	32.2 $\pm$ 0.6	28.2 $\pm$ 1.0	7.0 $\pm$ 0.7	29.1 $\pm$ 1.2	13.9 $\pm$ 0.8	3.9 $\pm$ 0.4
	<b>25</b>	3.9 $\pm$ 0.01	10.3 $\pm$ 0.1	238.4 $\pm$ 20.5	0.0 $\pm$ 0.0	34.2 $\pm$ 2.4	26.5 $\pm$ 2.3	7.8 $\pm$ 2.7	27.7 $\pm$ 3.0	16.1 $\pm$ 3.6	7.3 $\pm$ 2.1
<b>85</b>	<b>2.5</b>	3.9 $\pm$ 0.01	10.6 $\pm$ 0.4	248.8 $\pm$ 5.9	0.5 $\pm$ 0.7	29.6 $\pm$ 0.6	29.6 $\pm$ 1.2	5.8 $\pm$ 0.5	30.2 $\pm$ 1.3	11.0 $\pm$ 0.5	1.7 $\pm$ 0.3
	<b>5</b>	3.9 $\pm$ 0.01	11.0 $\pm$ 0.2	242.3 $\pm$ 3.4	1.2 $\pm$ 0.1	29.8 $\pm$ 0.9	29.7 $\pm$ 1.9	5.8 $\pm$ 1.3	30.3 $\pm$ 2.1	11.0 $\pm$ 1.9	2.2 $\pm$ 1.0
	<b>10</b>	3.9 $\pm$ 0.01	10.7 $\pm$ 0.3	231.7 $\pm$ 29.4	0.0 $\pm$ 0.0	31.3 $\pm$ 1.0	28.4 $\pm$ 1.7	6.6 $\pm$ 1.2	29.1 $\pm$ 1.9	12.9 $\pm$ 1.5	3.5 $\pm$ 0.6
	<b>15</b>	3.9 $\pm$ 0.01	11.1 $\pm$ 0.2	235.5 $\pm$ 22.3	0.0 $\pm$ 0.0	35.3 $\pm$ 3.6	28.7 $\pm$ 2.5	10.2 $\pm$ 3.9	30.6 $\pm$ 3.7	19.2 $\pm$ 5.2	8.2 $\pm$ 4.2
	<b>20</b>	3.9 $\pm$ 0.01	10.5 $\pm$ 0.3	200.4 $\pm$ 18.6	0.0 $\pm$ 0.0	31.9 $\pm$ 0.5	25.1 $\pm$ 0.4	5.2 $\pm$ 0.3	25.7 $\pm$ 0.4	11.7 $\pm$ 0.5	6.1 $\pm$ 0.5
<b>90</b>	<b>1</b>	3.8 $\pm$ 0.01	11.0 $\pm$ 0.2	201.9 $\pm$ 20.2	4.5 $\pm$ 0.5	30.4 $\pm$ 3.8	35.7 $\pm$ 3.5	9.0 $\pm$ 2.9	36.9 $\pm$ 4.2	13.8 $\pm$ 2.8	6.6 $\pm$ 5.0
	<b>2.5</b>	3.8 $\pm$ 0.01	10.9 $\pm$ 0.2	202.0 $\pm$ 11.9	3.1 $\pm$ 0.8	29.0 $\pm$ 0.3	30.3 $\pm$ 0.8	4.2 $\pm$ 0.6	30.6 $\pm$ 0.8	7.9 $\pm$ 0.9	2.3 $\pm$ 0.5
	<b>5</b>	3.8 $\pm$ 0.01	10.8 $\pm$ 0.2	200.5 $\pm$ 20.7	0.9 $\pm$ 0.0	30.2 $\pm$ 0.2	29.7 $\pm$ 0.8	4.0 $\pm$ 0.5	30.0 $\pm$ 0.9	7.6 $\pm$ 0.7	2.8 $\pm$ 0.6
	<b>10</b>	3.9 $\pm$ 0.01	10.7 $\pm$ 0.3	198.9 $\pm$ 17.1	0.1 $\pm$ 0.1	32.4 $\pm$ 2.0	32.3 $\pm$ 2.1	7.2 $\pm$ 2.2	33.1 $\pm$ 2.5	12.4 $\pm$ 2.8	4.2 $\pm$ 2.8
	<b>15</b>	3.9 $\pm$ 0.01	10.7 $\pm$ 0.3	203.2 $\pm$ 41.3	0.0 $\pm$ 0.0	31.6 $\pm$ 0.4	27.2 $\pm$ 1.5	4.5 $\pm$ 1.1	27.6 $\pm$ 1.6	9.4 $\pm$ 1.8	4.5 $\pm$ 1.5
<b>98</b>	<b>0.5</b>	3.8 $\pm$ 0.00	10.9 $\pm$ 0.3	189.3 $\pm$ 19.4	5.6 $\pm$ 0.0	27.7 $\pm$ 0.2	32.1 $\pm$ 1.2	4.7 $\pm$ 0.9	32.5 $\pm$ 1.4	8.3 $\pm$ 1.2	3.1 $\pm$ 0.6
	<b>1</b>	3.9 $\pm$ 0.01	10.3 $\pm$ 0.4	199.7 $\pm$ 10.7	5.8 $\pm$ 1.1	28.5 $\pm$ 0.8	33.7 $\pm$ 1.8	5.6 $\pm$ 1.3	34.2 $\pm$ 2.0	9.4 $\pm$ 1.7	3.8 $\pm$ 1.5
	<b>2.5</b>	3.8 $\pm$ 0.01	10.8 $\pm$ 0.3	199.6 $\pm$ 13.0	4.4 $\pm$ 0.9	33.5 $\pm$ 4.6	34.8 $\pm$ 2.6	9.2 $\pm$ 3.3	36.0 $\pm$ 3.3	14.5 $\pm$ 4.2	7.5 $\pm$ 4.9
	<b>5</b>	3.8 $\pm$ 0.01	10.7 $\pm$ 0.2	216.2 $\pm$ 21.3	0.3 $\pm$ 0.4	30.4 $\pm$ 0.9	29.8 $\pm$ 1.6	5.2 $\pm$ 1.4	30.3 $\pm$ 1.8	9.8 $\pm$ 1.9	2.6 $\pm$ 0.6
	<b>10</b>	3.8 $\pm$ 0.01	10.4 $\pm$ 0.4	221.3 $\pm$ 5.5	0.2 $\pm$ 0.3	33.2 $\pm$ 1.5	29.1 $\pm$ 1.7	8.0 $\pm$ 1.6	30.2 $\pm$ 2.1	15.2 $\pm$ 2.2	5.0 $\pm$ 1.1





**Tabela A3 (cont.)** Valores observados e modelizado dos parâmetros de qualidade: actividade residual da peroxidase (POD; n=2), Hue (n=5) e diferença total de cor (TCD; n=5) para as **polpas amarelas**, para optimização do binómio tempo/temperatura de pasteurização.

		Temperatura (°C)		Tiempo (min.)																											
		90	80	60				45				30				15				0											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25				
POD	Observados	100.0	100.0																												
	Modelizados	98.4	98.4																												
Hue	Observados	101.0	100.7	100.8	100.9	100.7	99.9	100.1	100.1	100.4	100.4	100.6	100.2	100.4	96.9	98.1	99.4	99.4	99.6	98.0	99.5	98.0	97.4	97.1	98.3	97.4	97.2	96.2	96.7	96.0	96.7
	Modelizados	101.7	101.7	101.7	101.7	101.7	101.4	101.4	101.4	101.4	101.4	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	100.3	100.3	100.3	100.3	100.3	98.9	98.9	98.9	98.9	98.9	97.6	97.6	97.6	97.6	97.6
TCD	Observados	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	3.1	4.8	4.2	2.8	10.2	10.8	14.7	17.2	11.6	13.0	17.7	17.8	18.0	15.1	10.1	13.5	14.4	9.7	12.0	9.8	17.5	17.4	18.6	16.9
	Modelizados	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9

**Tabela A3 (cont.)** Valores observados e modelizado dos parâmetros de qualidade: actividade residual da peroxidase (POD; n=2), Hue (n=5) e diferença total de cor (TCD; n=5) para as **polpas amarelas**, para optimização do binómio tempo/temperatura de pasteurização.

		Temperatura (°C)		Tiempo (min.)																							
		98		0				0.5				1				2.5				5				10			
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
POD	Observados	100.0	100.0																								
	Modelizados	98.4	98.4																								
Hue	Observados	101.0	100.7	100.8	100.9	100.7	100.7	100.7	100.7	101.4	102.0	101.3	101.4	101.6	101.4	101.1	101.8	101.5	95.7	100.3	100.1	99.4	100.3	100.7	100.8	100.5	101.0
	Modelizados	101.7	101.7	101.7	101.7	101.7	101.7	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.5	101.5	101.5	101.5	101.5	101.2	101.2	101.2	101.2	101.2	100.7	100.7	100.7	100.7
TCD	Observados	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	3.3	1.4	3.8	2.6	5.1	7.8	8.0	8.6	7.7	15.4	17.0	15.3	17.1	17.7	15.1	14.6	12.0	16.5	13.7
	Modelizados	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5

**Tabela A4** Valores observados e modelizados dos parâmetros de qualidade redução da actividade da peroxidase (POD; n=2) e diferença total de cor (TCD; n=5) para as **polpas vermelhas**, para optimização do binómio tempo/temperatura de pasteurização.

Temperatura (°C)		80																													
Tempo (min.)		0					5					10					15					20					25				
POD	Observados	8.1	7.1				6.4	5.4				4.2	4.9				3.1	1.9				1.0	0.7				0.9	0.8			
	Modelizados	7.6	7.6				5.7	5.7				4.2	4.2				3.1	3.1				2.3	2.3				1.7	1.7			
TCD	Observados	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	1.7	2.1	3.0	2.7	3.2	2.1	3.7	3.3	4.9	4.0	3.6	3.3	3.8	3.3	3.2	3.9	3.9	4.2	4.3	6.7	6.3	6.8	5.6	5.7
	Modelizados	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Temperatura (°C)		85																													
Tempo (min.)		0					2.5					5					10					15					20				
POD	Observados	8.1	7.1				6.6	5.1				6.0	6.0				4.2	2.8				1.2	1.3				1.4	1.1			
	Modelizados	7.6	7.6				5.5	5.5				3.9	3.9				2.0	2.0				1.1	1.1				0.5	0.5			
TCD	Observados	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	2.0	1.2	1.8	1.6	3.0	1.4	2.5	3.4	1.0	2.7	4.1	3.2	3.6	4.0	4.0	4.2	5.4	5.4	4.9	5.7	5.4	6.4	6.7	6.1
	Modelizados	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
Temperatura (°C)		90																													
Tempo (min.)		0					1					2.5					5					10					15				
POD	Observados	8.1	7.1				4.9	4.2				3.7	2.5				1.2	2.2				0.9	0.8				0.1	1.1			
	Modelizados	7.6	7.6				5.7	5.7				3.7	3.7				1.8	1.8				0.4	0.4				0.1	0.1			
TCD	Observados	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	3.6	2.6	3.0	3.5	1.6	2.2	2.2	2.8	2.6	1.9	2.6	2.9	3.4	3.1	3.1	4.4	2.0	3.3	2.5	4.2	4.1	5.3	5.1	5.0
	Modelizados	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
Temperatura (°C)		98																													
Tempo (min.)		0					0.5					1					2.5					5					10				
POD	Observados	8.1	7.1				5.6	5.6				5.1	3.8				0.9	0.5				0.4	0.0				0.0	0.0			
	Modelizados	7.6	7.6				5.6	5.6				4.1	4.1				1.6	1.6				0.4	0.4				0.0	0.0			
TCD	Observados	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	3.1	2.9	2.8	2.8	2.4	3.0	2.7	3.1	3.6	4.6	5.5	4.0	5.6	5.6	3.3	1.8	2.5	2.5	3.1	5.2	4.0	6.5	3.9	5.4
	Modelizados	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5



**Tabela A5** Valores observados e modelizados dos atributos sensoriais Cor, Sabor e Aroma para as **polpas amarelas**, para otimização do binômio tempo/temperatura de pasteurização.

Temperatura (°C)		80																													
Tempo (min.)		0					5					10					15					20					25				
Cor	Observados	8.5	10.0	7.5	7.5	10.0	9.0	10.0	9.5	9.5	9.0	8.5	9.0	8.5	9.0	8.5	9.0	8.0	8.5	7.0	7.0	9.0	8.0	8.5	7.5	7.5	9.0	8.0	8.5	9.0	
	Modelizados	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	
Sabor	Observados	10.0	10.0	8.5	9.0	9.0	8.5	10.0	10.0	9.0	9.0	10.0	9.5	9.5	7.5	8.0	9.0	9.0	7.5	8.0	9.0	8.0	9.0	7.5	8.5	7.0	9.0	8.0	8.0	9.0	8.0
	Modelizados	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.0	9.0	9.0	9.0	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	
Aroma	Observados	9.0	8.5	10.0	9.0	9.0	9.0	10.0	10.0	9.0	9.5	8.5	9.0	8.5	8.5	9.0	9.0	8.0	8.5	8.5	8.0	8.0	8.0	8.0	8.5	8.0	8.0	9.0	7.5	7.5	9.0
	Modelizados	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
Temperatura (°C)		85																													
Tempo (min.)		0					2.5					5					10					15					20				
Cor	Observados	8.5	10.0	7.5	7.5	10.0	8.0	8.0	8.5	8.5	9.0	7.5	7.5	8.5	7.5	7.0	7.5	7.5	8.5	6.5	7.0	6.0	7.0	6.5	7.5	6.5	6.0	6.0	5.5	6.5	6.0
	Modelizados	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9
Sabor	Observados	10.0	10.0	8.5	9.0	9.0	8.0	8.5	7.5	8.0	9.0	9.0	9.0	8.0	8.0	8.5	9.0	9.0	7.5	7.5	7.5	6.0	5.0	8.5	7.5	8.0	5.0	6.0	5.5	5.5	3.0
	Modelizados	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
Aroma	Observados	9.0	8.5	10.0	9.0	9.0	8.5	8.0	8.5	9.0	8.5	8.0	9.0	8.0	7.5	8.5	8.0	9.0	7.5	7.5	8.0	6.5	6.0	6.5	6.5	7.0	6.0	5.0	7.5	6.5	6.0
	Modelizados	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
Temperatura (°C)		90																													
Tempo (min.)		0					1					2.5					5					10					15				
Cor	Observados	8.5	10.0	7.5	7.5	10.0	8.0	7.0	8.5	8.0	8.0	7.5	7.0	7.5	7.5	7.5	6.5	7.0	7.5	5.0	5.0	4.0	3.5	3.5	2.0	5.0	3.0	2.5	5.5	2.5	
	Modelizados	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	4.8	4.8	4.8	4.8	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	
Sabor	Observados	10.0	10.0	8.5	9.0	9.0	8.0	8.5	7.5	5.5	6.0	7.0	7.5	6.5	6.5	6.0	6.0	5.5	5.5	4.5	4.0	5.0	4.0	2.5	3.5	4.0	4.0	1.5	1.5	2.5	2.5
	Modelizados	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	4.3	4.3	4.3	4.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	
Aroma	Observados	9.0	8.5	10.0	9.0	9.0	6.0	6.5	6.0	7.5	5.0	6.5	6.5	6.0	6.5	7.0	5.0	6.0	6.0	4.5	4.0	5.0	4.0	3.0	2.5	7.0	4.0	4.0	2.0	1.5	3.0
	Modelizados	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	4.7	4.7	4.7	4.7	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	

**Tabela A5 (cont.)** Valores observados e modelizados dos atributos sensoriais Cor, Sabor e Aroma para as **polpas amarelas**, para otimização do binómio tempo/temperatura de pasteurização.

Temperatura (°C)		98																													
Tempo (min.)		0					0.5					1					2.5					5					10				
Cor	Observados	8.5	10.0	7.5	7.5	10.0	5.0	6.0	6.5	7.5	7.5	6.0	6.0	6.5	5.5	6.0	4.0	4.0	3.5	3.5	2.5	2.0	2.0	3.5	2.5	1.0	1.0	1.0	1.5	2.5	0.5
	Modelizados	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Sabor	Observados	10.0	10.0	8.5	9.0	9.0	7.5	7.0	7.5	7.0	7.0	6.5	7.5	5.5	5.0	4.5	4.5	3.0	3.0	3.5	4.0	1.0	2.5	2.0	2.5	2.0	1.5	2.0	1.5	1.5	0.5
	Modelizados	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Aroma	Observados	9.0	8.5	10.0	9.0	9.0	7.0	7.0	6.5	7.5	5.5	5.0	6.5	5.5	5.5	4.5	6.0	6.0	5.5	4.5	2.0	5.0	2.5	3.5	3.5	4.0	3.0	0.5	1.5	2.5	1.0
	Modelizados	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2

**Tabela A6** Valores observados e modelizados do atributo sensorial Cor para as **polpas vermelhas**, para optimização do binómio tempo/temperatura de pasteurização.

Temperatura (°C)		80																													
Tempo (min.)		0					5					10					15					20					25				
Cor	Observados	10.0	10.0	8.5	10.0	9.0	6.0	5.0	8.0	6.5	7.0	7.0	4.0	5.5	6.5	6.5	5.0	3.0	6.0	4.5	3.0	3.0	2.0	3.0	5.0	3.5	3.0	1.0	2.0	2.5	2.0
	Modelizados	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Temperatura (°C)		85																													
Tempo (min.)		0					2.5					5					10					15					20				
Cor	Observados	10.0	10.0	8.5	10.0	9.0	7.5	8.0	7.0	7.5	7.5	7.5	6.0	7.0	7.5	6.0	5.0	6.0	4.5	6.5	4.5	5.0	4.0	4.5	4.5	4.0	2.5	2.5	3.0	3.5	3.5
	Modelizados	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
Temperatura (°C)		90																													
Tempo (min.)		0					1					2.5					5					10					15				
Cor	Observados	3.0	10.0	10.0	8.5	10.0	9.0	10.0	7.0	8.5	9.5	8.0	9.5	4.0	8.5	8.5	7.0	6.0	6.0	5.0	7.5	5.0	4.0	4.0	4.0	6.5	4.5	2.5	4.0	3.0	4.5
	Modelizados	3.9	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	3.2	3.2	3.2	3.2
Temperatura (°C)		98																													
Tempo (min.)		0					0.5					1					2.5					5					10				
Cor	Observados	2.0	10.0	10.0	8.5	10.0	9.0	10.0	9.0	10.0	8.5	9.0	10.0	9.0	9.0	8.5	8.0	8.5	8.0	8.0	7.0	8.5	7.0	8.0	8.0	7.5	7.0	7.0	6.0	6.5	5.0
	Modelizados	3.2	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	5.7	5.7	5.7

## **Anexo B Folha de Prova para a Polpa Amarela e Vermelha Utilizada nos Ensaio de Armazenagem. Tabelas Referentes Ao Estudo De Avaliação Da Qualidade Da Polpa Amarela Durante A Armazenagem Em Congelação A Diferentes Temperaturas**

**Folha de prova sensorial para os ensaios de armazenagem das polpas amarelas e vermelhas**

Prova Sensorial

NOME : .....

Caro Provador, recebeu 6 amostras de polpa codificadas. Por favor, observe, cheire e prove as amostras.

Ordene as amostras em ordem crescente em relação aos parâmetros:

COR.

\_\_\_\_\_

Pior cor

Melhor cor

Sabor.

\_\_\_\_\_

Pior sabor

Melhor sabor

Aroma.

\_\_\_\_\_

Pior aroma

Melhor aroma

COMENTÁRIOS : .....

Data: \_\_\_\_\_

**Tabela B1** Valores médios ( $\pm$ DP) dos parâmetros de qualidade avaliados nas **polpas amarelas**, durante 70 dias de armazenagem a **-5 °C**.

Tratamento Térmico	Tempo de Armaz.(dias)	pH	TSS (°Brix)	CFT (mgEAC.100g <sup>-1</sup> )	POD (U/ml)	L*	C*	Hue	TCD	Índice de Consistência (Pa.s <sup>n</sup> )	Índice de Escoamento (n)
Não pasteurizada	1	3.80 <sup>bcd</sup> ±0.06	12.97 <sup>bcd</sup> ±0.15	94.22 <sup>abc</sup> ±5.63	12.26 <sup>ab</sup> ±0.91	61.60 <sup>ghij</sup> ±1.51	27.14 <sup>hi</sup> ±0.72	99.33 <sup>efghij</sup> ±0.52	12.28 <sup>ab</sup> ±1.51	8.53 <sup>cde</sup> ±3.46	0,12 <sup>a</sup> ±0,03
	7	3.72 <sup>abc</sup> ±0.05	12.12 <sup>ab</sup> ±0.79	111.19 <sup>abcdef</sup> ±11.58	6.90 <sup>ab</sup> ±1.58	56.08 <sup>bcd</sup> ±1.85	20.55 <sup>ab</sup> ±1.71	87.88 <sup>c</sup> ±0.61	20.32 <sup>efgh</sup> ±2.13	9.25 <sup>de</sup> ±3.56	0,02 <sup>a</sup> ±0,08
	16	3.71 <sup>abc</sup> ±0.06	11.83 <sup>a</sup> ±1.07	123.32 <sup>bcd</sup> ±21.08	17.66 <sup>efgh</sup> ±3.90	58.08 <sup>defghij</sup> ±5.75	20.01 <sup>ab</sup> ±2.47	87.18 <sup>c</sup> ±2.76	19.50 <sup>defgh</sup> ±3.94	6.10 <sup>ab</sup> ±0.47	0,11 <sup>a</sup> ±0,02
	28	3.91 <sup>gh</sup> ±0.03	12.33 <sup>abc</sup> ±0.59	89.56 <sup>a</sup> ±27.10	26.47 <sup>hij</sup> ±5.07	50.99 <sup>abc</sup> ±3.70	18.30 <sup>abc</sup> ±2.86	79.61 <sup>b</sup> ±3.11	26.49 <sup>kl</sup> ±4.42	2.92 <sup>abc</sup> ±0.02	0,06 <sup>a</sup> ±0,09
	42	3.67 <sup>a</sup> ±0.04	12.62 <sup>ab</sup> ±0.25	92.35 <sup>b</sup> ±4.61	22.06 <sup>gh</sup> ±2.06	48.82 <sup>a</sup> ±2.01	17.80 <sup>ab</sup> ±2.79	77.50 <sup>ab</sup> ±0.73	28.85 <sup>±</sup> 2.55	4.59 <sup>ab</sup> ±0.09	0,20 <sup>a</sup> ±0,03
	56	3.86 <sup>gh</sup> ±0.07	12.22 <sup>abc</sup> ±0.48	100.21 <sup>ab</sup> ±15.24	26.94 <sup>hij</sup> ±4.61	50.54 <sup>ab</sup> ±3.72	18.50 <sup>abc</sup> ±3.50	75.44 <sup>a</sup> ±2.88	27.46 <sup>kl</sup> ±4.25	1.39 <sup>a</sup> ±0.00	0,15 <sup>a</sup> ±0,00
	70	3.70 <sup>ab</sup> ±0.02	12.38 <sup>abc</sup> ±0.13	84.82 <sup>a</sup> ±15.44	33.98 <sup>k</sup> ±6.25	51.25 <sup>abc</sup> ±2.22	19.67 <sup>ab</sup> ±1.73	79.41 <sup>b</sup> ±1.95	25.90 <sup>ijkl</sup> ±2.40	2.21 <sup>ab</sup> ±0.21	0,12 <sup>a</sup> ±0,07
Pasteurizada	1	3.82 <sup>cde</sup> ±0.08	13.45 <sup>d</sup> ±0.24	125.46 <sup>cde</sup> ±17.46	4.28 <sup>ab</sup> ±0.55	57.07 <sup>cde</sup> ±3.13	24.81 <sup>fghi</sup> ±2.09	102.70 <sup>j</sup> ±0.53	17.20 <sup>bcd</sup> ±3.52	4.64 <sup>ab</sup> ±0.56	0,01 <sup>a</sup> ±0,04
	7	3.74 <sup>ab</sup> ±0.09	12.40 <sup>abc</sup> ±0.58	139.09 <sup>fghi</sup> ±14.22	5.37 <sup>ab</sup> ±2.61	55.05 <sup>ab</sup> ±3.29	21.72 <sup>cde</sup> ±1.75	96.04 <sup>def</sup> ±7.52	20.37 <sup>efgh</sup> ±3.57	5.82 <sup>ab</sup> ±0.44	0,10 <sup>a</sup> ±0,11
	16	3.78 <sup>ab</sup> ±0.08	12.38 <sup>abc</sup> ±0.18	133.21 <sup>efghi</sup> ±14.60	5.95 <sup>abc</sup> ±1.23	51.82 <sup>ab</sup> ±3.13	17.36 <sup>a</sup> ±3.25	100.56 <sup>hij</sup> ±3.37	24.86 <sup>hijkl</sup> ±3.99	5.41 <sup>ab</sup> ±0.72	0,18 <sup>a</sup> ±0,01
	28	3.77 <sup>ab</sup> ±0.07	12.75 <sup>bcd</sup> ±0.30	131.38 <sup>defghi</sup> ±13.04	10.51 <sup>ab</sup> ±2.71	56.64 <sup>bcd</sup> ±5.91	21.12 <sup>bcd</sup> ±2.00	96.51 <sup>def</sup> ±1.28	19.23 <sup>defgh</sup> ±4.84	6.04 <sup>ab</sup> ±1.03	0,05 <sup>a</sup> ±0,04
	42	3.85 <sup>efgh</sup> ±0.05	12.17 <sup>abc</sup> ±0.23	114.49 <sup>ab</sup> ±5.97	7.96 <sup>ab</sup> ±1.59	56.18 <sup>bcd</sup> ±8.93	18.49 <sup>abc</sup> ±2.03	93.74 <sup>d</sup> ±3.36	21.51 <sup>fghijk</sup> ±6.61	6.42 <sup>ab</sup> ±0.70	0,10 <sup>a</sup> ±0,10
	56	3.71 <sup>ab</sup> ±0.04	12.43 <sup>abc</sup> ±0.49	156.77 <sup>i</sup> ±13.34	7.31 <sup>ab</sup> ±1.42	53.92 <sup>ab</sup> ±2.66	19.34 <sup>ab</sup> ±2.72	100.47 <sup>hij</sup> ±3.46	22.12 <sup>ghijk</sup> ±3.09	4.89 <sup>ab</sup> ±0.68	0,69 <sup>b</sup> ±0,06
	70	3.74 <sup>ab</sup> ±0.01	12.45 <sup>abc</sup> ±0.18	86.66 <sup>a</sup> ±9.39	15.79 <sup>defg</sup> ±1.30	56.17 <sup>bcd</sup> ±5.98	19.08 <sup>ab</sup> ±1.17	95.67 <sup>de</sup> ±2.03	20.42 <sup>efgh</sup> ±5.38	2.66 <sup>abc</sup> ±0.23	0,16 <sup>a</sup> ±0,08

Na mesma coluna, valores médios com letras diferentes representam diferenças significativas, com  $p=0.05$  (teste *Tukey HSD*).

**Tabela B2** Valores médios ( $\pm$ DP) dos parâmetros de qualidade avaliados nas **polpas amarelas** durante 70 dias de armazenagem a **-18 °C**.

Tratamento Térmico	Tempo de Armaz.(dias)	pH	TSS (°Brix)	CFT (mgEAC.100g-1)	POD (U/ml)	L*	C*	Hue	TCD	Índice de Consistência (Pa.s^n)	Índice de Escoamento (n)
Não pasteurizada	1	3.84 <sup>defgh</sup> $\pm$ 0.00	13.45 <sup>d</sup> $\pm$ 0.37	102.07 <sup>abcde</sup> $\pm$ 3.87	13.57 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.69	61.53 <sup>ghij</sup> $\pm$ 2.03	26.18 <sup>ghi</sup> $\pm$ 1.78	101.05 <sup>hij</sup> $\pm$ 1.29	12.60 <sup>ab</sup> $\pm$ 2.09	10.29 <sup>de</sup> $\pm$ 0.03	0,12 <sup>a</sup> $\pm$ 0,03
	7	3.83 <sup>defgh</sup> $\pm$ 0.02	12.73 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.76	142.43 <sup>fg</sup> $\pm$ 14.17	6.35 <sup>abcd</sup> $\pm$ 1.19	62.78 <sup>i</sup> $\pm$ 2.92	26.64 <sup>hi</sup> $\pm$ 1.78	100.70 <sup>hij</sup> $\pm$ 0.73	11.26 <sup>ab</sup> $\pm$ 3.05	11.37 <sup>e</sup> $\pm$ 4.49	0,12 <sup>a</sup> $\pm$ 0,01
	16	3.84 <sup>defgh</sup> $\pm$ 0.04	12.60 <sup>abcd</sup> $\pm$ 0.37	133.85 <sup>efghi</sup> $\pm$ 11.71	19.67 <sup>fg</sup> $\pm$ 2.00	60.96 <sup>fg</sup> $\pm$ 4.24	27.42 $\pm$ 2.72	99.52 <sup>ghij</sup> $\pm$ 0.76	13.06 <sup>abc</sup> $\pm$ 4.43	8.01 <sup>bcd</sup> $\pm$ 1.63	0,14 <sup>a</sup> $\pm$ 0,07
	28	3.80 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.02	12.73 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.31	131.02 <sup>defghi</sup> $\pm$ 11.40	32.49 <sup>jk</sup> $\pm$ 4.37	63.70 $\pm$ 3.50	25.96 <sup>ghi</sup> $\pm$ 1.35	100.25 <sup>ghij</sup> $\pm$ 1.33	10.72 <sup>a</sup> $\pm$ 2.83	9.40 <sup>de</sup> $\pm$ 0.15	0,12 <sup>a</sup> $\pm$ 0,02
	42	3.85 <sup>defgh</sup> $\pm$ 0.01	12.45 <sup>abc</sup> $\pm$ 0.16	123.83 <sup>bcd</sup> $\pm$ 10.35	22.91 <sup>ghi</sup> $\pm$ 2.31	59.55 <sup>efghij</sup> $\pm$ 2.33	26.25 <sup>ghi</sup> $\pm$ 1.56	97.41 <sup>defgh</sup> $\pm$ 1.07	14.57 <sup>abcde</sup> $\pm$ 2.43	7.71 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.39	0,11 <sup>a</sup> $\pm$ 0,00
	56	3.84 <sup>defgh</sup> $\pm$ 0.04	12.30 <sup>abc</sup> $\pm$ 0.13	156.57 <sup>j</sup> $\pm$ 8.79	28.68 <sup>j</sup> $\pm$ 3.39	60.26 <sup>ghi</sup> $\pm$ 0.58	25.05 <sup>ghi</sup> $\pm$ 1.14	99.06 <sup>efghij</sup> $\pm$ 0.37	14.06 <sup>abcd</sup> $\pm$ 0.58	7.69 <sup>bcd</sup> $\pm$ 2.30	0,88 <sup>b</sup> $\pm$ 0,13
	70	3.86 <sup>efgh</sup> $\pm$ 0.01	13.00 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.11	99.67 <sup>abcd</sup> $\pm$ 16.75	39.46 <sup>k</sup> $\pm$ 11.33	63.94 $\pm$ 3.16	25.88 <sup>ghi</sup> $\pm$ 1.25	97.83 <sup>efghi</sup> $\pm$ 0.78	10.42 <sup>a</sup> $\pm$ 3.11	6.54 <sup>abcde</sup> $\pm$ 0.34	0,02 <sup>a</sup> $\pm$ 0,10
Pasteurizada	1	3.86 <sup>gh</sup> $\pm$ 0.06	12.92 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.31	127.25 <sup>defghi</sup> $\pm$ 18.16	3.69 <sup>a</sup> $\pm$ 0.44	53.61 <sup>abcde</sup> $\pm$ 5.22	22.69 <sup>defg</sup> $\pm$ 3.58	102.53 $\pm$ 1.31	21.15 <sup>fg</sup> $\pm$ 5.96	8.04 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.77	0,14 <sup>a</sup> $\pm$ 0,01
	7	3.92 <sup>h</sup> $\pm$ 0.12	12.50 <sup>abc</sup> $\pm$ 0.48	139.09 <sup>fg</sup> $\pm$ 14.22	5.42 <sup>ab</sup> $\pm$ 2.93	57.89 <sup>defghij</sup> $\pm$ 2.63	25.74 <sup>ghi</sup> $\pm$ 3.06	101.39 $\pm$ 1.18	16.33 <sup>abcde</sup> $\pm$ 3.10	6.65 <sup>abcde</sup> $\pm$ 1.31	0,19 <sup>a</sup> $\pm$ 0,02
	16	3.85 <sup>defgh</sup> $\pm$ 0.03	12.53 <sup>abc</sup> $\pm$ 0.10	147.92 <sup>ghi</sup> $\pm$ 31.47	5.62 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.59	62.33 <sup>hij</sup> $\pm$ 2.85	25.32 <sup>ghi</sup> $\pm$ 3.12	101.83 $\pm$ 3.20	12.45 <sup>ab</sup> $\pm$ 2.50	11.28 <sup>a</sup> $\pm$ 1.60	0,13 <sup>a</sup> $\pm$ 0,03
	28	3.84 <sup>defgh</sup> $\pm$ 0.03	13.05 <sup>cd</sup> $\pm$ 0.15	149.87 <sup>hi</sup> $\pm$ 21.81	10.06 <sup>abcde</sup> $\pm$ 3.24	61.05 <sup>fg</sup> $\pm$ 2.64	25.97 <sup>ghi</sup> $\pm$ 1.08	101.97 $\pm$ 0.59	13.05 <sup>abc</sup> $\pm$ 2.62	5.94 <sup>abcde</sup> $\pm$ 0.28	0,20 <sup>a</sup> $\pm$ 0,05
	42	3.87 <sup>gh</sup> $\pm$ 0.05	12.28 <sup>abc</sup> $\pm$ 0.08	139.50 <sup>fg</sup> $\pm$ 8.45	7.11 <sup>abcd</sup> $\pm$ 1.82	57.14 <sup>cdefghi</sup> $\pm$ 4.14	24.81 <sup>gh</sup> $\pm$ 1.78	101.91 $\pm$ 0.51	17.13 <sup>bcd</sup> $\pm$ 4.26	6.52 <sup>abcde</sup> $\pm$ 0.51	0,20 <sup>a</sup> $\pm$ 0,08
	56	3.80 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.03	12.55 <sup>abc</sup> $\pm$ 0.26	184.84 <sup>j</sup> $\pm$ 12.95	9.40 <sup>abcde</sup> $\pm$ 1.70	55.99 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.96	23.45 <sup>efgh</sup> $\pm$ 1.60	101.49 $\pm$ 0.51	18.61 <sup>cde</sup> $\pm$ 0.86	8.40 <sup>cde</sup> $\pm$ 0.74	0,92 <sup>b</sup> $\pm$ 0,04
	70	3.86 <sup>gh</sup> $\pm$ 0.05	12.43 <sup>abc</sup> $\pm$ 0.31	116.28 <sup>abcde</sup> $\pm$ 14.81	15.38 <sup>cde</sup> $\pm$ 3.76	58.74 <sup>efghij</sup> $\pm$ 2.97	25.01 <sup>ghi</sup> $\pm$ 1.73	100.99 <sup>hij</sup> $\pm$ 0.51	15.53 <sup>abcde</sup> $\pm$ 3.10	6.28 <sup>abcde</sup> $\pm$ 0.65	0,14 <sup>a</sup> $\pm$ 0,02

Na mesma coluna, valores médios com letras diferentes representam diferenças significativas, com  $p=0.05$  (teste *Tukey HSD*).

**Tabela B3** Contagens microbiológicas (microrganismos aeróbios a 30 °C) médias ( $\pm$ DP) dos parâmetros de qualidade avaliados nas **polpas amarelas** durante 70 dias de armazenagem a **-5 °C** e a **-18 °C**.

T (°C)	Trat. Térmico	Tempo armaz. (dias)	Microrganismos a 30 °C (Log)
- 5	Não pasteurizada (NP)	1	4.34 <sup>d</sup> $\pm$ 0.01
		28	3.62 <sup>c</sup> $\pm$ 0.02
		70	2.99 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04
	Pasteurizada (P)	1	3.04 <sup>a</sup> $\pm$ 0.03
		28	2.04 <sup>b</sup> $\pm$ 0.02
		70	2.08 <sup>b</sup> $\pm$ 0.04
- 18	Não pasteurizada (NP)	1	4.34 <sup>d</sup> $\pm$ 0.04
		28	3.71 <sup>c</sup> $\pm$ 0.03
		70	3.97 <sup>f</sup> $\pm$ 0.03
	Pasteurizada (P)	1	3.04 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02
		28	3.04 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04
		70	2.23 <sup>e</sup> $\pm$ 0.04

Na mesma coluna, valores médios com letras diferentes representam diferenças significativas, com  $p=0.05$  (teste *Tukey HSD*).

**Tabela B4** Classificações médias ( $\pm$  erro padrão) dos atributos sensoriais avaliados nas **polpas amarelas** durante 70 dias de armazenagem a **-5 °C** e a **-18 °C**.

T (°C)	Trat. Térmico	Tempo armaz. (dias)	Cor	Sabor	Aroma
- 5	Não pasteurizada (NP)	1	3.64 <sup>efg</sup> $\pm$ 0.16	4.14 <sup>efg</sup> $\pm$ 0.19	3.78 <sup>def</sup> $\pm$ 0.17
		8	2.94 <sup>cde</sup> $\pm$ 0.16	2.88 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.19	3.06 <sup>cd</sup> $\pm$ 0.17
		14	2.67 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.16	2.80 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.19	2.67 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.17
		28	2.20 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.16	2.13 <sup>b</sup> $\pm$ 0.19	2.53 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.17
		42	1.87 <sup>b</sup> $\pm$ 0.16	2.01 <sup>b</sup> $\pm$ 0.19	1.81 <sup>b</sup> $\pm$ 0.17
		57	0.10 <sup>a</sup> $\pm$ 0.16	0.10 <sup>a</sup> $\pm$ 0.19	0.10 <sup>a</sup> $\pm$ 0.17
		70	0.10 <sup>a</sup> $\pm$ 0.16	0.10 <sup>a</sup> $\pm$ 0.19	0.10 <sup>a</sup> $\pm$ 0.17
	Pasteurizada (P)	1	5.43 <sup>ijkl</sup> $\pm$ 0.16	5.50 <sup>h</sup> $\pm$ 0.19	5.36 <sup>ijkl</sup> $\pm$ 0.17
		8	5.00 <sup>ijk</sup> $\pm$ 0.16	5.06 <sup>gh</sup> $\pm$ 0.19	5.18 <sup>hijkl</sup> $\pm$ 0.17
		14	3.87 <sup>fgh</sup> $\pm$ 0.16	4.27 <sup>efg</sup> $\pm$ 0.19	4.53 <sup>fghi</sup> $\pm$ 0.17
		28	4.27 <sup>ghi</sup> $\pm$ 0.16	4.93 <sup>fgh</sup> $\pm$ 0.19	4.73 <sup>ghijk</sup> $\pm$ 0.17
		42	3.19 <sup>def</sup> $\pm$ 0.16	3.31 <sup>cde</sup> $\pm$ 0.19	3.37 <sup>cde</sup> $\pm$ 0.17
		57	4.33 <sup>ghi</sup> $\pm$ 0.16	4.16 <sup>efg</sup> $\pm$ 0.19	4.33 <sup>fgh</sup> $\pm$ 0.17
		70	3.71 <sup>efgh</sup> $\pm$ 0.16	4.00 <sup>ef</sup> $\pm$ 0.19	4.00 <sup>efg</sup> $\pm$ 0.17
- 18	Não pasteurizada (NP)	1	4.21 <sup>ghi</sup> $\pm$ 0.16	4.18 <sup>efg</sup> $\pm$ 0.19	4.07 <sup>efg</sup> $\pm$ 0.17
		8	4.23 <sup>ghi</sup> $\pm$ 0.16	4.12 <sup>efg</sup> $\pm$ 0.19	4.47 <sup>fghi</sup> $\pm$ 0.17
		14	5.07 <sup>ijk</sup> $\pm$ 0.16	4.93 <sup>fgh</sup> $\pm$ 0.19	4.67 <sup>fghij</sup> $\pm$ 0.17
		28	3.73 <sup>efgh</sup> $\pm$ 0.16	3.67 <sup>cde</sup> $\pm$ 0.19	3.87 <sup>defg</sup> $\pm$ 0.17
		42	4.37 <sup>ghi</sup> $\pm$ 0.16	4.25 <sup>efg</sup> $\pm$ 0.19	4.37 <sup>fgh</sup> $\pm$ 0.17
		57	4.25 <sup>ghi</sup> $\pm$ 0.16	3.83 <sup>de</sup> $\pm$ 0.19	3.83 <sup>defg</sup> $\pm$ 0.17
		70	4.53 <sup>hi</sup> $\pm$ 0.16	4.18 <sup>efg</sup> $\pm$ 0.19	4.41 <sup>fgh</sup> $\pm$ 0.17
	Pasteurizada (P)	1	4.93 <sup>ij</sup> $\pm$ 0.16	4.28 <sup>efg</sup> $\pm$ 0.19	5.21 <sup>hijkl</sup> $\pm$ 0.17
		8	5.82 <sup>kl</sup> $\pm$ 0.16	5.47 <sup>h</sup> $\pm$ 0.19	5.59 <sup>kl</sup> $\pm$ 0.17
		14	5.67 <sup>ijkl</sup> $\pm$ 0.16	5.47 <sup>h</sup> $\pm$ 0.19	5.67 <sup>l</sup> $\pm$ 0.17
		28	5.67 <sup>ijkl</sup> $\pm$ 0.16	5.60 <sup>h</sup> $\pm$ 0.19	5.53 <sup>ijkl</sup> $\pm$ 0.18
		42	5.56 <sup>ijkl</sup> $\pm$ 0.16	5.62 <sup>h</sup> $\pm$ 0.19	5.56 <sup>ijkl</sup> $\pm$ 0.17
		57	5.75 <sup>ijkl</sup> $\pm$ 0.16	5.75 <sup>h</sup> $\pm$ 0.19	5.66 <sup>l</sup> $\pm$ 0.17
		70	5.94 <sup>l</sup> $\pm$ 0.16	5.71 <sup>h</sup> $\pm$ 0.19	5.76 <sup>l</sup> $\pm$ 0.17

Na mesma coluna, valores médios com letras diferentes representam diferenças significativas, com  $p=0.05$  (teste Tukey HSD).



## Anexo C Tabelas Referentes a Estudo de Avaliação da Qualidade para a Polpa Vermelha Durante a Armazenagem em Congelação a Diferentes Temperaturas.

**Tabela C1** Valores médios ( $\pm$ DP) dos parâmetros de qualidade avaliados nas **polpas vermelhas** durante 70 dias de armazenagem a  $-5^{\circ}\text{C}$ .

Tratamento Térmico	Tempo de armazen. (dias)	pH	TSS ( $^{\circ}\text{Brix}$ )	CFT (mgEAC.100g-1)	POD (U/ml)	L*	C*	Hue	TCD	Índice de Consistência (Pa.s^n)	Índice de Escoamento (n)
Não pasteurizada (NP)	1	3.85 <sup>hij</sup> $\pm$ 0.02	10.42 <sup>efghi</sup> $\pm$ 0.13	179.05 <sup>abc</sup> $\pm$ 25.02	6.67 <sup>b</sup> $\pm$ 0.89	28.70 <sup>ghi</sup> $\pm$ 3.73	34.30 <sup>de</sup> $\pm$ 5.43	15.52 <sup>ghi</sup> $\pm$ 4.06	9.44 <sup>abc</sup> $\pm$ 2.30	10.66 <sup>e</sup> $\pm$ 1.56	0,34 <sup>a</sup> $\pm$ 0,05
	8	3.81 <sup>efgh</sup> $\pm$ 0.05	10.05 <sup>bcd efghi</sup> $\pm$ 1.02	152.76 <sup>ab</sup> $\pm$ 17.55	6.95 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.45	24.75 <sup>abcd</sup> $\pm$ 1.70	33.64 <sup>de</sup> $\pm$ 3.42	15.23 <sup>ghi</sup> $\pm$ 2.40	8.68 <sup>abc</sup> $\pm$ 3.79	2.91 <sup>a</sup> $\pm$ 0.03	0,88 <sup>bc</sup> $\pm$ 0,03
	14	3.74 <sup>abc</sup> $\pm$ 0.01	10.13 <sup>defghi</sup> $\pm$ 0.08	155.59 <sup>ab</sup> $\pm$ 15.42	11.44 <sup>e</sup> $\pm$ 3.17	23.07 <sup>a</sup> $\pm$ 0.69	27.24 <sup>abc</sup> $\pm$ 0.99	11.80 <sup>ab cdefg</sup> $\pm$ 0.96	15.37 <sup>def</sup> $\pm$ 0.77	7.94 <sup>cde</sup> $\pm$ 2.39	0,65 <sup>abc</sup> $\pm$ 0,47
	28	3.78 <sup>b cdef</sup> $\pm$ 0.02	10.10 <sup>cdefghi</sup> $\pm$ 0.33	190.32 <sup>bcd</sup> $\pm$ 13.71	7.90 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.94	22.57 <sup>a</sup> $\pm$ 1.33	26.24 <sup>a</sup> $\pm$ 2.97	11.93 <sup>b cdefg</sup> $\pm$ 2.12	16.40 <sup>f</sup> $\pm$ 3.35	2.99 <sup>ab</sup> $\pm$ 3.16	0,41 <sup>a</sup> $\pm$ 0,04
	42	3.78 <sup>b cdef</sup> $\pm$ 0.02	10.22 <sup>defghi</sup> $\pm$ 0.18	226.77 <sup>defgh</sup> $\pm$ 24.60	8.38 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.79	26.13 <sup>b cdefg</sup> $\pm$ 2.30	34.45 <sup>de</sup> $\pm$ 4.97	18.34 <sup>ij</sup> $\pm$ 3.00	8.19 <sup>ab</sup> $\pm$ 3.93	8.03 <sup>cde</sup> $\pm$ 0.63	0,38 <sup>a</sup> $\pm$ 0,03
	57	3.73 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.01	9.85 <sup>b cdef</sup> $\pm$ 0.12	253.33 <sup>hij</sup> $\pm$ 20.75	7.60 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.65	27.37 <sup>efg</sup> $\pm$ 2.36	35.59 <sup>e</sup> $\pm$ 3.84	19.52 <sup>i</sup> $\pm$ 3.78	6.66 <sup>a</sup> $\pm$ 3.71	4.41 <sup>abcd</sup> $\pm$ 0.23	0,32 <sup>a</sup> $\pm$ 0,04
	70	3.86 <sup>hij</sup> $\pm$ 0.02	10.35 <sup>defghi</sup> $\pm$ 0.29	144.36 <sup>a</sup> $\pm$ 21.54	8.84 <sup>bcd</sup> $\pm$ 1.03	23.88 <sup>ab</sup> $\pm$ 1.11	26.62 <sup>ab</sup> $\pm$ 2.14	12.60 <sup>b cdefg</sup> $\pm$ 1.77	15.54 <sup>ef</sup> $\pm$ 2.47	3.81 <sup>abc</sup> $\pm$ 0.06	0,43 <sup>a</sup> $\pm$ 0,08
Pasteurizada (P)	1	3.86 <sup>ij</sup> $\pm$ 0.03	9.95 <sup>b cdefg</sup> $\pm$ 0.05	179.61 <sup>abc</sup> $\pm$ 12.98	1.84 <sup>a</sup> $\pm$ 0.41	30.49 <sup>i</sup> $\pm$ 1.85	32.74 <sup>de</sup> $\pm$ 1.47	11.60 <sup>ab cdef</sup> $\pm$ 1.36	9.70 <sup>abc</sup> $\pm$ 1.22	11.14 <sup>e</sup> $\pm$ 2.24	0,25 <sup>a</sup> $\pm$ 0,08
	8	3.77 <sup>ab cde</sup> $\pm$ 0.02	10.28 <sup>defghi</sup> $\pm$ 0.23	187.18 <sup>bcd</sup> $\pm$ 16.54	0.27 <sup>a</sup> $\pm$ 0.14	27.08 <sup>defg</sup> $\pm$ 2.22	34.81 <sup>de</sup> $\pm$ 4.10	13.35 <sup>defgh</sup> $\pm$ 3.05	8.37 <sup>abc</sup> $\pm$ 1.98	2.30 <sup>a</sup> $\pm$ 0.70	0,98 <sup>c</sup> $\pm$ 0,04
	14	3.79 <sup>b cdef</sup> $\pm$ 0.05	10.10 <sup>cdefghi</sup> $\pm$ 0.06	179.87 <sup>abc</sup> $\pm$ 6.98	1.32 <sup>a</sup> $\pm$ 0.72	27.35 <sup>defg</sup> $\pm$ 1.34	34.63 <sup>de</sup> $\pm$ 3.33	12.99 <sup>cdefg</sup> $\pm$ 2.12	7.91 <sup>ab</sup> $\pm$ 2.28	11.21 <sup>e</sup> $\pm$ 0.18	0,26 <sup>a</sup> $\pm$ 0,03
	28	3.78 <sup>b cdef</sup> $\pm$ 0.02	10.30 <sup>defghi</sup> $\pm$ 0.13	237.59 <sup>fgh</sup> $\pm$ 24.96	1.20 <sup>a</sup> $\pm$ 0.14	26.86 <sup>defg</sup> $\pm$ 1.18	34.34 <sup>de</sup> $\pm$ 3.76	11.03 <sup>ab cde</sup> $\pm$ 2.55	8.48 <sup>abc</sup> $\pm$ 3.76	10.02 <sup>e</sup> $\pm$ 0.51	0,25 <sup>a</sup> $\pm$ 0,02
	42	3.73 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.01	10.47 <sup>fghi</sup> $\pm$ 0.23	265.46 <sup>hij</sup> $\pm$ 15.62	1.84 <sup>a</sup> $\pm$ 0.98	26.26 <sup>b cdefg</sup> $\pm$ 0.48	30.09 <sup>abcd</sup> $\pm$ 1.09	8.11 <sup>a</sup> $\pm$ 1.09	12.80 <sup>cdef</sup> $\pm$ 0.94	8.56 <sup>de</sup> $\pm$ 0.73	0,27 <sup>a</sup> $\pm$ 0,02
	57	3.76 <sup>ab cde</sup> $\pm$ 0.01	10.65 <sup>j</sup> $\pm$ 0.16	291.15 <sup>ij</sup> $\pm$ 27.34	1.43 <sup>a</sup> $\pm$ 0.53	27.64 <sup>fgh</sup> $\pm$ 1.13	30.64 <sup>ab cde</sup> $\pm$ 1.26	8.92 <sup>ab</sup> $\pm$ 1.00	11.94 <sup>b cdef</sup> $\pm$ 1.29	8.17 <sup>cde</sup> $\pm$ 0.33	0,38 <sup>a</sup> $\pm$ 0,01
	70	3.84 <sup>ghij</sup> $\pm$ 0.03	10.60 <sup>hi</sup> $\pm$ 0.06	188.85 <sup>bcd</sup> $\pm$ 14.85	2.14 <sup>a</sup> $\pm$ 0.18	28.16 <sup>fghi</sup> $\pm$ 1.75	33.04 <sup>de</sup> $\pm$ 1.61	9.78 <sup>abcd</sup> $\pm$ 2.09	9.78 <sup>abc</sup> $\pm$ 1.90	8.20 <sup>cde</sup> $\pm$ 0.50	0,45 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,04

Na mesma coluna, valores médios com letras diferentes representam diferenças significativas, com  $p=0.05$  (teste *Tukey HSD*).

**Tabela C2** Valores médios ( $\pm$ DP) dos parâmetros de qualidade avaliados nas **polpas vermelhas** durante 70 dias de armazenagem a **-18 °C**.

Tratamento Térmico	Tempo de armaz. (dias)	pH	TSS (°Brix)	CFT (mgEAC.100g-1)	POD (U/ml)	L*	C*	Hue	TCD	Índice de Consistência (Pa.s^n)	Índice de Escoamento (n)
<b>Não pasteurizada (NP)</b>	1	3.82 <sup>ghi</sup> $\pm$ 0.03	9.98 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.12	191.58 <sup>bcd</sup> $\pm$ 16.57	6.70 <sup>b</sup> $\pm$ 0.48	28.73 <sup>ghi</sup> $\pm$ 2.16	35.62 <sup>a</sup> $\pm$ 5.11	13.35 <sup>def</sup> $\pm$ 3.21	7.62 <sup>ab</sup> $\pm$ 3.64	7.95 <sup>cde</sup> $\pm$ 0.00	0,20 <sup>a</sup> $\pm$ 0,00
	8	3.77 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.01	9.45 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.21	173.61 <sup>abc</sup> $\pm$ 18.06	6.71 <sup>b</sup> $\pm$ 0.52	22.51 <sup>a</sup> $\pm$ 1.11	31.55 <sup>bcd</sup> $\pm$ 1.61	12.19 <sup>bcd</sup> $\pm$ 1.28	11.90 <sup>bcd</sup> $\pm$ 1.86	1.92 <sup>a</sup> $\pm$ 0.05	0,89 <sup>bc</sup> $\pm$ 0,00
	14	3.74 <sup>abcd</sup> $\pm$ 0.01	10.02 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.19	168.31 <sup>abc</sup> $\pm$ 11.86	9.31 <sup>cde</sup> $\pm$ 1.60	26.30 <sup>bcd</sup> $\pm$ 1.03	32.92 <sup>de</sup> $\pm$ 2.60	17.00 <sup>hij</sup> $\pm$ 1.99	8.73 <sup>abc</sup> $\pm$ 2.28	8.58 <sup>de</sup> $\pm$ 0.97	0,30 <sup>a</sup> $\pm$ 0,10
	28	3.77 <sup>abcd</sup> $\pm$ 0.01	9.47 <sup>abc</sup> $\pm$ 0.25	198.77 <sup>cde</sup> $\pm$ 15.78	8.56 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.58	24.96 <sup>abc</sup> $\pm$ 1.83	34.86 <sup>de</sup> $\pm$ 4.73	15.04 <sup>fghi</sup> $\pm$ 3.12	7.83 <sup>ab</sup> $\pm$ 4.77	7.33 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.40	0,39 <sup>a</sup> $\pm$ 0,06
	42	3.78 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.02	9.45 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.23	243.59 <sup>gh</sup> $\pm$ 16.67	7.25 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.81	24.12 <sup>abc</sup> $\pm$ 0.85	31.61 <sup>bcd</sup> $\pm$ 4.15	14.18 <sup>efgh</sup> $\pm$ 1.34	10.96 <sup>abcd</sup> $\pm$ 3.65	9.13 <sup>e</sup> $\pm$ 0.70	0,29 <sup>a</sup> $\pm$ 0,04
	57	3.77 <sup>abcd</sup> $\pm$ 0.01	9.72 <sup>abcd</sup> $\pm$ 0.33	257.43 <sup>hij</sup> $\pm$ 12.39	8.48 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.89	23.95 <sup>ab</sup> $\pm$ 1.32	31.22 <sup>abcde</sup> $\pm$ 4.01	12.44 <sup>bcd</sup> $\pm$ 2.80	11.52 <sup>bcd</sup> $\pm$ 4.18	8.09 <sup>cde</sup> $\pm$ 0.93	0,29 <sup>a</sup> $\pm$ 0,12
	70	3.88 <sup>i</sup> $\pm$ 0.01	10.47 <sup>fghi</sup> $\pm$ 0.24	195.51 <sup>cd</sup> $\pm$ 18.72	10.16 <sup>de</sup> $\pm$ 0.49	23.91 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.75	32.67 <sup>de</sup> $\pm$ 2.69	12.99 <sup>cde</sup> $\pm$ 1.70	10.21 <sup>abc</sup> $\pm$ 2.67	7.87 <sup>cde</sup> $\pm$ 0.09	0,45 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,08
<b>Pasteurizada (P)</b>	1	3.79 <sup>defg</sup> $\pm$ 0.03	9.78 <sup>abde</sup> $\pm$ 0.15	187.08 <sup>bcd</sup> $\pm$ 10.84	1.00 <sup>a</sup> $\pm$ 0.11	30.20 <sup>hi</sup> $\pm$ 1.00	32.26 <sup>cde</sup> $\pm$ 1.42	9.14 <sup>ab</sup> $\pm$ 1.61	10.64 <sup>abc</sup> $\pm$ 1.50	8.56 <sup>de</sup> $\pm$ 0.12	0,38 <sup>a</sup> $\pm$ 0,03
	8	3.76 <sup>abde</sup> $\pm$ 0.01	9.20 <sup>a</sup> $\pm$ 0.22	207.11 <sup>cde</sup> $\pm$ 11.87	0.26 <sup>a</sup> $\pm$ 0.17	27.44 <sup>efg</sup> $\pm$ 1.84	33.30 <sup>de</sup> $\pm$ 1.77	12.23 <sup>bcd</sup> $\pm$ 2.15	8.93 <sup>abc</sup> $\pm$ 1.96	2.08 <sup>a</sup> $\pm$ 0.05	0,92 <sup>c</sup> $\pm$ 0,01
	14	3.76 <sup>abcd</sup> $\pm$ 0.02	10.07 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.27	197.06 <sup>cde</sup> $\pm$ 10.44	1.85 <sup>a</sup> $\pm$ 0.29	26.69 <sup>cde</sup> $\pm$ 1.08	33.56 <sup>de</sup> $\pm$ 1.10	11.11 <sup>abode</sup> $\pm$ 0.91	9.01 <sup>abc</sup> $\pm$ 1.17	8.28 <sup>de</sup> $\pm$ 1.30	0,31 <sup>a</sup> $\pm$ 0,17
	28	3.75 <sup>abcd</sup> $\pm$ 0.04	9.87 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.52	236.54 <sup>efgh</sup> $\pm$ 18.52	1.22 <sup>a</sup> $\pm$ 0.21	25.97 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.79	31.60 <sup>bcd</sup> $\pm$ 1.22	10.25 <sup>abcd</sup> $\pm$ 1.68	11.00 <sup>abcd</sup> $\pm$ 1.52	7.80 <sup>cde</sup> $\pm$ 0.30	0,37 <sup>a</sup> $\pm$ 0,04
	42	3.76 <sup>abode</sup> $\pm$ 0.01	9.95 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.36	295.46 <sup>k</sup> $\pm$ 18.22	1.28 <sup>a</sup> $\pm$ 1.48	26.19 <sup>bcd</sup> $\pm$ 1.18	33.39 <sup>de</sup> $\pm$ 1.93	10.20 <sup>abcd</sup> $\pm$ 1.26	9.58 <sup>abc</sup> $\pm$ 1.92	10.57 <sup>e</sup> $\pm$ 0.26	0,26 <sup>a</sup> $\pm$ 0,11
	57	3.72 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04	9.77 <sup>abcd</sup> $\pm$ 0.27	333.62 <sup>k</sup> $\pm$ 38.04	1.99 <sup>a</sup> $\pm$ 0.25	27.15 <sup>defg</sup> $\pm$ 0.61	34.70 <sup>de</sup> $\pm$ 1.94	11.81 <sup>abcde</sup> $\pm$ 2.44	7.74 <sup>ab</sup> $\pm$ 2.37	9.49 <sup>e</sup> $\pm$ 1.52	0,29 <sup>a</sup> $\pm$ 0,11
	70	3.86 <sup>i</sup> $\pm$ 0.02	10.53 <sup>ghi</sup> $\pm$ 0.05	190.12 <sup>bcd</sup> $\pm$ 15.87	1.74 <sup>a</sup> $\pm$ 0.55	26.24 <sup>bcd</sup> $\pm$ 0.66	34.18 <sup>de</sup> $\pm$ 1.74	9.48 <sup>abc</sup> $\pm$ 1.54	9.22 <sup>abc</sup> $\pm$ 1.76	8.69 <sup>de</sup> $\pm$ 0.48	0,40 <sup>a</sup> $\pm$ 0,01

Na mesma coluna, valores médios com letras diferentes representam diferenças significativas, com  $p=0.05$  (teste *Tukey HSD*).

**Tabela C3** Contagens microbiológicas (microrganismos aeróbios a 30 °C) médias ( $\pm$ DP) dos parâmetros de qualidade avaliados nas **polpas vermelhas** durante 70 dias de armazenagem a **-5 °C** e a **-18 °C**.

T (°C)	Trat. Térmico	Tempo armazen. (dias)	Microrganismos a 30 °C (Log.)
<b>- 5</b>	Não pasteurizada (NP)	1	3.57 <sup>e</sup> $\pm$ 0.01
		28	2.08 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04
		70	1.90 <sup>c</sup> $\pm$ 0.02
	Pasteurizada	1	3.04 <sup>d</sup> $\pm$ 0.04
		28	2.11 <sup>a</sup> $\pm$ 0.03
		70	1.48 <sup>f</sup> $\pm$ 0.03
<b>- 18</b>	Não pasteurizada (NP)	1	3.57 <sup>e</sup> $\pm$ 0.02
		28	2.89 <sup>g</sup> $\pm$ 0.02
		70	2.00 <sup>ac</sup> $\pm$ 0.03
	Pasteurizada (P)	1	3.04 <sup>d</sup> $\pm$ 0.01
		28	1.00 <sup>b</sup> $\pm$ 0.04
		70	1.00 <sup>b</sup> $\pm$ 0.04

Na mesma coluna, valores médios com letras diferentes representam diferenças significativas, com  $p=0.05$  (teste *Tukey HSD*).

**Tabela C4** Classificações médias ( $\pm$  erro padrão) dos atributos sensoriais avaliados nas **polpas vermelhas** durante 70 dias de armazenagem a **-5 °C** e a **-18 °C**.

T (°C)	Trat. Térmico	Tempo armazen. (dias)	Cor	Sabor	Aroma
- 5	Não pasteurizada (NP)	1	5.07 <sup>fgh</sup> $\pm 0.24$	4.53 <sup>ghijkl</sup> $\pm 0.20$	3.93 <sup>fghi</sup> $\pm 0.20$
		8	4.12 <sup>defgh</sup> $\pm 0.24$	3.31 <sup>def</sup> $\pm 0.20$	3.25 <sup>def</sup> $\pm 0.20$
		14	4.13 <sup>defgh</sup> $\pm 0.24$	2.93 <sup>de</sup> $\pm 0.20$	3.07 <sup>cdef</sup> $\pm 0.20$
		28	2.44 <sup>bc</sup> $\pm 0.24$	1.75 <sup>bc</sup> $\pm 0.20$	2.12 <sup>bc</sup> $\pm 0.20$
		42	1.47 <sup>b</sup> $\pm 0.24$	1.27 <sup>b</sup> $\pm 0.20$	1.33 <sup>b</sup> $\pm 0.20$
		57	0.00 <sup>a</sup> $\pm 0.24$	0.00 <sup>a</sup> $\pm 0.20$	0.00 <sup>a</sup> $\pm 0.20$
		70	0.00 <sup>a</sup> $\pm 0.24$	0.00 <sup>a</sup> $\pm 0.20$	0.00 <sup>a</sup> $\pm 0.20$
	Pasteurizada (P)	1	3.93 <sup>def</sup> $\pm 0.24$	4.13 <sup>fghij</sup> $\pm 0.20$	4.40 <sup>ghij</sup> $\pm 0.20$
		8	4.81 <sup>fgh</sup> $\pm 0.24$	5.69 <sup>m</sup> $\pm 0.20$	5.06 <sup>jk</sup> $\pm 0.20$
		14	4.40 <sup>efgh</sup> $\pm 0.24$	5.13 <sup>iklm</sup> $\pm 0.20$	4.47 <sup>ghij</sup> $\pm 0.20$
		28	4.25 <sup>defgh</sup> $\pm 0.24$	4.19 <sup>fghijk</sup> $\pm 0.20$	4.50 <sup>ghij</sup> $\pm 0.20$
		42	4.53 <sup>efgh</sup> $\pm 0.24$	4.87 <sup>ijklm</sup> $\pm 0.20$	4.87 <sup>ijk</sup> $\pm 0.20$
		57	4.69 <sup>fgh</sup> $\pm 0.24$	5.00 <sup>ijklm</sup> $\pm 0.20$	5.00 <sup>jk</sup> $\pm 0.20$
		70	4.33 <sup>efgh</sup> $\pm 0.24$	4.00 <sup>fghi</sup> $\pm 0.20$	3.91 <sup>fghi</sup> $\pm 0.20$
- 18	Não pasteurizada (NP)	1	4.93 <sup>fgh</sup> $\pm 0.24$	4.80 <sup>hijklm</sup> $\pm 0.20$	4.67 <sup>hijk</sup> $\pm 0.20$
		8	4.56 <sup>efgh</sup> $\pm 0.24$	3.81 <sup>efgh</sup> $\pm 0.20$	3.87 <sup>efghi</sup> $\pm 0.20$
		14	4.87 <sup>fgh</sup> $\pm 0.24$	3.67 <sup>efg</sup> $\pm 0.20$	3.60 <sup>efg</sup> $\pm 0.20$
		28	4.00 <sup>defg</sup> $\pm 0.24$	3.22 <sup>def</sup> $\pm 0.20$	3.06 <sup>cdef</sup> $\pm 0.20$
		42	3.00 <sup>cd</sup> $\pm 0.24$	2.33 <sup>cd</sup> $\pm 0.20$	2.27 <sup>bcd</sup> $\pm 0.20$
		57	3.43 <sup>cde</sup> $\pm 0.24$	2.50 <sup>cd</sup> $\pm 0.20$	2.86 <sup>cde</sup> $\pm 0.20$
		70	3.91 <sup>def</sup> $\pm 0.24$	3.66 <sup>efg</sup> $\pm 0.20$	3.66 <sup>efgh</sup> $\pm 0.20$
	Pasteurizada (P)	1	4.27 <sup>efgh</sup> $\pm 0.24$	4.93 <sup>ijklm</sup> $\pm 0.20$	5.20 <sup>jk</sup> $\pm 0.20$
		8	5.25 <sup>gh</sup> $\pm 0.24$	5.37 <sup>lm</sup> $\pm 0.20$	5.69 <sup>k</sup> $\pm 0.20$
		14	5.00 <sup>fgh</sup> $\pm 0.24$	5.20 <sup>klm</sup> $\pm 0.20$	5.33 <sup>jk</sup> $\pm 0.20$
		28	4.75 <sup>fgh</sup> $\pm 0.24$	5.19 <sup>klm</sup> $\pm 0.20$	5.31 <sup>jk</sup> $\pm 0.20$
		42	5.07 <sup>fgh</sup> $\pm 0.24$	5.40 <sup>lm</sup> $\pm 0.20$	5.27 <sup>jk</sup> $\pm 0.20$
		57	5.28 <sup>h</sup> $\pm 0.24$	4.45 <sup>ghijkl</sup> $\pm 0.20$	5.43 <sup>jk</sup> $\pm 0.20$
		70	5.14 <sup>fgh</sup> $\pm 0.24$	4.83 <sup>hijklm</sup> $\pm 0.20$	4.91 <sup>ijk</sup> $\pm 0.20$

Na mesma coluna, valores médios com letras diferentes representam diferenças significativas, com  $p=0.05$  (teste Tukey HSD).